МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ) «ОТ БИОПРОДУКТОВ К БИОЭКОНОМИКЕ»

23-24 сентября, Барнаул, Алтайский край

Министерство науки и высшего образования РФ
Правительство Алтайского края
Алтайский государственный университет

МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ) «ОТ БИОПРОДУКТОВ К БИОЭКОНОМИКЕ»

г. Барнаул, Алтайский край, Россия
23–24 сентября 2021 г.

Барнаул

Издательство
Алтайского государственного
университета
2021

УДК 58:33 (063) М 341
ББК 28я431+65я431

Ответственные за выпуск:
О. Н. Мироненко, кандидат биологических наук, директор Алтайского центра прикладной биотехнологии Алтайского государственного университета
О. В. Бычкова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Алтайского центра прикладной биотехнологии Алтайского государственного университета

М 341 **Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием) «От биопродуктов к биоэкономике» (23–24 сентября 2021 г.)** / под ред. А.Н. Лукьянова. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2021. — 318 с.

ISBN 978-5-7904-2595-0

Сборник содержит статьи и доклады, представленные на IV Межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием) «От биопродуктов к биоэкономике», которая состоялась в рамках Международного форума «Биотехнологии: наука, образование, индустрия» (г. Барнаул, 23–26 сентября 2021 г.). Организаторами конференции выступили Правительство Алтайского края; управление Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям; Алтайский государственный университет; Алтайский государственный аграрный университет; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова; Алтайский государственный медицинский университет; Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий.

В сборнике представлены результаты исследований в области медицинской, пищевой, промышленной, сельскохозяйственной, природоохранной и лесной биотехнологии. Материалы рассчитаны на ученых, специализирующихся в области биотехнологии и смежных областях, преподавателей и учащихся вузов, представителей органов власти, производственных предприятий.

УДК 58:33(063)М 341
ББК 28я431+65я431

ISBN 978-5-7904-2595-0

© Оформление. Алтайский государственный университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

РЕСУРСЫ АЛТАЯ ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕНИЯ, ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ
Антипова Е.А., Кудрикова Л.Е., Лейтес Е.А. Фитохимическое изучение спиртовых извлечений корневищ с корнями *Iris barbataHort.* методом ВЭЖХ 7
Балахнин Ю.А., Бахолдина Л.А. Влияние биологически активных соединений на основе гексаазаизовюрцитана на пробиотики 9
Блажко А.А. Влияние продуктов пантового оленеводства на состояние системы гемостаза при физических тренировках в эксперименте 13
Маслова О.В., Амиржанова А.С., Адекенов С.М. Эффективная лекарственная форма мази «Аяфрол» и ее стандартизация 17
Попова И.С. Использование научного и производственного потенциала Алтайского края для оздоровления, лечения и реабилитации 20
СитниковаА. Е., Шавыркина Н.А.,. Будаева В.В. Получение пленок бактериальной целлюлозы с заданными свойствами для применения в медицине 24

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ
Бондаренко Н.А. Повышение удобрительных свойств соломы при использовании биопрепаратов 27
Коробов В.А., Жучаев К.В., Сороколетов О.Н., Карташова Э.А. Биологический стимулятор для растений на основе животноводческих стоков 32
Кудрявцев А.Е., Курсакова В.С., Ступина Л.А., Васильцов В.А. Бинарные посевы льна с чечевицей как биотехнологический прием сохранения и воспроизводства плодородия в системе земледелия no-till 35
Малкова А.В., Иркитова А.Н., Дудник Д.Е., Каргашилова Е.Н. Изучение антагонизма ризосферных бацилл к *Phytophthora infestans* для создания средства защиты растений 39
Мальцев М.И., Калюта Е.В., Маркин В.И. Изучение влияния препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья, на водопрочность почвенных агрегатов 41
Платонов А.В. Повышение продуктивности ячменя обыкновенного под влиянием микробных препаратов 45
Столбунова К.А., Охлопкова О.В., Юрченко О.Э., Юрченко Ю.А., Теплякова Т.В. Грибы-микромицеты как основа биотехнологии производства препаратов для регуляции численности переносчиков трансмиссивных заболеваний 50
Ступина Л.А., Курсакова В.С. Роль диазотрофных бактерий и микоризы в обеспечении минерального питания сои в условиях умеренно засушливой степи Алтайского края 54
Фомина Н.В. Экологическая оценка влияния эм-препарата на уровень микробного токсикоза почвогрунтов 58
Чернецова Н.В., Ступина Л.А. Беламканда китайская (*Belamcanda chinensis (L.)*) в условиях умеренно *засушливой степи Алтайского края* 61

ЛЕСНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ: ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ
Башегуров К.А., Жигулин Е.В., Оплетаев А.С., Осипенко А.Е. Динамика накопления фитомассы сеянцами лиственницы Сукачева с закрытой корневой системой 65
Елизаров В.А., Маленко А.А., Осипов Е.М. Результаты проведения рубок ухода коридорным способом в сухой степи 68
Маленко А.А., Семенов М.И., Савин М.А. Содержание полезных элементов в экструдированной древесной зелени сосны 70

Маленко А.А., Абаева К.Т., Баженов Д.Е. Формирование лесных культур сосны групповой и рядовой посадки в условиях сухой степи ... 73
Мартынова Н.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Мартынов Р.В. Влияние биологически активных препаратов при стимулировании черенков бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.) ... 77
Меркель К.А., Абаева К.Т., Бейсекеева А.К., Касанова Ж.К. Рост, устойчивость и продуктивность лесных культур сосны обыкновенной в ленточных борах Прииртышья ... 81
Савин М.А., Маленко А.А. Формирование искусственных сосняков под защитой ивы остролистной, размещенной узкими рядами, в сухой степи ... 84
Малиновских А.А. Лесорастительные условия на гарях в ленточных борах Западной Сибири ... 87
Турчин Т.Я., Танюкевич В.В., Ермолова А.С., Кружилина Г.В. Приживаемость и рост смешанных лесных культур на бугристых песках Среднего Дона в зависимости от почвенных и влажностных условий ... 91
Чичкарев А.С., Маленко А.А., Мишустин В.С. Формирование лесных культур сосны на темно-серых лесных почвах Чупинского бора ... 96

БИОТЕХНОЛОГИИ В САДОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ
Амброс Е.В., Трофимова Е.Г., Новикова Т.И. Микроморфологические изменения листового аппарата у регенерантов земляники садовой под действием механокомпозита на основе биогенного диоксида кремния и флавоноидов зеленого чая ... 99
Бобина И.В., Соколова Г.Г., Дрозд В.С. Содержание флавоноидов в дикорастущих травянистых растениях Алтайского края ... 103
Бородулина И.Д., Корнейчук Е.Д. Устойчивость к NaCl-засолению детерминантных сортов томата в культуре *in vitro* ... 105
Бычкова О.В., Хлебова Л.П., Бровко Е.С., Щербинко В.А. Оценка энергии прорастания и лабораторной всхожести семян природных популяций родиолы розовой ... 106
Ершова И.В. Потенциал сортов земляники садовой для получения биофортифицированной продукции в условиях юга Западной Сибири ... 110
Етдзаева К.Т., Овэс Е.В. Формирование *in vitro* микроклубней картофеля в зависимости от состава питательной среды ... 114
Колодина Е.В., Чиркова В.Ю., Шарлаева Е.А. Влияние предпосевной УФ-обработки на содержание фотосинтетических пигментов в листьях салата ... 119
Мусаева К.Э., Исаева В.К., Сулейманова Ш.С. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой пшеницы, районированной в Кыргызстане ... 121
Романенко С.А., Миненко П.А., Стасенко Ю.И., Шардина А.О., Шрайбер А.М., Солдаткин В.С. Выявление рисков в тепличных комбинатах и определение мероприятий по их снижению или устранению ... 125
Савенко Е.Г., Глазырина В.А., Шундрина Л.А. Практическое применение биотехнологических методов для селекции риса (Oryza sativa L.) ... 128
Соколова Г.Г., Бобина И.В., Ворошина Н.А. Динамика содержания флавоноидов в манжетке обыкновенной (*Alchemilla vulgaris L.*) в Алтайском крае ... 133
Тухбатуллина Р.Г., Мотыгуллина Л.И. Некоторые особенности получения каллусной культуры мачка желтого ... 137
Хамзина Г.Х., Тухбатуллина Р.Г. Опыт внедрения чистотела сорта Белоснежный в каллусную культуру ... 141
Хлебова Л.П., Бровко Е.С. Оптимизация углеводного состава питательной среды при микроразмножении хмеля ... 144
Хлебова Л.П., Бровко Е.С., Мироненко О.Н. Введение в культуру *in vitro* хмеля обыкновенного ... 148

Чертенкова Е.И., Амброс Е.В., Толузакова С.Ю. Пластичность морфо-анатомических показателей листа у растений-регенерантов земляники садовой в условиях *ex vitro* 151
Чиркова В.Ю., Шарлаева Е.А. Влияние коротковолнового УФ-излучения на посевные качества семян пшеницы 156

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ПИЩЕВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ:
ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

Ахмет А., Исаева А.У., Панкиевич Р., Нарымбаева З.К. Оценка влияния фосфорсодержащих отходов на гидробионтов 159
Балабова Д.В., Щербаков Д.Н., Чиркова В.Ю., Шарлаева Е.А. Влияние точечных аминокислотных замен в молекуле рекомбинантного химозина коровы на его кинетические характеристики 164
Б*елаш Е.А., Балабова Д.В., Щербаков Д.Н.* Оптимизация условий наработки химерного прохимозина лося в системе *E. coli* 167
Булашко О.Н. Пробиотические свойства штамма молочнокислых бактерий *Lactobacilius Rhamnosus* 170
Вайтанис М.А., Ходырева З.Р. Возможность использования муки из топинамбура при производстве мясных полуфабрикатов 172
Геращенко К.А., Величко Н.А. Влияние ферментных препаратов на биополимеры вина из винограда сибирских сортов 176
Гришаева И.Н., Кротова М.Г. Композиция ингредиентов на основе пантов 179
Дорофеев Р.В., Орлова Т.Н., Функ И.А., Отт Е.Ф. Пополнение «Сибирской коллекции микроорганизмов» новыми региональными штаммами лактококков 183
Ефрюшин Д.Д., Жогов О.В. Исследование возможности ацилирования лигнина системой «пиридин — хлорангидрид высшей карбоновой кислоты» 187
Жукова Е.В., Пастух О.Н. Использование растительных добавок в технологии молочных продуктов 190
Котельникова Ю.А., Кореневская П.А. Увеличение сроков хранения колбасы вареной при введении в ее рецептуру экстрактов цитрусовых фруктов 193
Куулар Ч.Г. Использование дикорастущих ягод в технологии сывороточного напитка 196
Ливицкая М.Д. Изучение потребительских предпочтений на рынке сывороточных напитков Алтайского края 203
Марченко Р.Д. Пробиотики и метабиотики на основе пропионовокислых бактерий 206
Мелешкина Л.Е. Червякова Н.В. Влияние белка и жира на процесс сферификации в молекулярной кухне 210
Мелешкина Л.Е., Мусина О.Н., Васильева А.В., Гайсина В.А. Базы данных пищевых продуктов: актуальные принципы оценки качества данных 213
Мельникова Е.В., Лисовец Т.А. Использование порошка из ягод ирги в производстве хлеба 218
Орлов В.В., Сюзева О.А. Пробиотическая ферментация плодовоовощных пюре 221
Орлова Т.Н., Отт Е.Ф. Разработка новых вариантов бактериальных заквасок для ферментированных молочных продуктов 225
Писарева Е.В. Особенности использования местного растительного сырья в детском питании 229
Разумовская Е.С. Перспективы разработки продуктов функциональной направленности на мясной основе с гипотензивным действием 231
Сиротина К.Ю., Щербакова Ю.В., Ахмадуллина Ф.Ю. Оценка качества термообработанного молочного сырья казеинового типа методом биотестирования 234
Союстов А.А., Терехова О.Н. Выпарное оборудование для производства функциональных продуктов питания 238
Терехова О.Н., Глебов А.А., Дуюнова Я.С. Функциональные продукты питания из муки с регулируемым содержанием белка 242
Усатюк Д.А. Молочные продукты с использованием растительного сырья Алтайского края 245

Функ И.А., Отт Е.Ф. Пробиотический полутвердый сыр «Пладоленс» как продукт функционального назначения 249
Щеголькова В.О., Балабова Д.В., Щербаков Д.Н. Влияние аминокислотных замен на синтез и локализацию рекомбинантного прохимозина верблюда 252
Ягудин А.Р., Счисленко С.А. Использование пищевых добавок растительного происхождения (крапивы двудомной) в производстве вареников 255

БИОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ
Беляева Н.Ю. Гормональный статус глубокостельных коров и состояние их репродуктивной функции после отела 259
Беляева Н.Ю. Эффективность профилактики акушерско-гинекологических болезней у коров при скармливании экстракта полисахаридов 262
Бетин А.Н., Фролов А.И., Филиппова О.Б. Профилактика и устранение микотоксикозов у коров с помощью кормовых адсорбентов 264
Булгаков А.М., Булгаков Д.А. Влияние использования кормовых добавок коровам на питательную ценность и технологические свойства молока 268
Громова Т.В., Камардина И.А. Селекционно-генетическая оценка молочной продуктивности коров разных генераций приобского типа черно-пестрой породы 273
Захарченко А.В., Базарнова Н.Г., Ильичева Т.Н., Аубакирова Р.А. Влияние экстрактивных веществ лапчатки белой и кровохлебки лекарственной на сенную палочку и сальмонеллу 276
Киреева К.В. Влияние скармливания карнажа в составе рациона полновозрастных коров на их продуктивность 278
Ковалев А.В., Себежко О.И., Короткевич О.С., Морозов И.Н., Александрова Д.А. Возможности использования биофизических факторов в биотехнологиях получения продукции животноводства 280
Куренинова Т.В., Пшеничникова Е.Н., Русанова В.В. Качественный состав силоса кукурузного при использовании биоконсервантов 282
Метлева А.С. Эффективность липидной трансфекции спермиев крупного рогатого скота с целью получения генно-редактированных животных 285
Мартынов В.А., Киреева К.В. Новая биотехнологическая кормовая добавка в рационах дойных коров 289
Отт Е.Ф., Орлова Т.Н. Изучение пробиотических штаммов лактобацилл с целью их дальнейшего применения в составе бактериальных препаратов для сельскохозяйственных животных и птиц 293
Плешков В.А., Чалова Н.А., Корякина К.С. Показатели белкового обмена в сыворотке крови свиней чистогорской породы 296
Плешков В.А., Зубова Т.В., Миронов А.Н. Иммунный статус телят при использовании иммуномодулирующего препарата 299
Пушкарев И.А. Влияние тканевого биостимулятора на белковый состав сыворотки крови телок в возрасте 6 месяцев 302
Себежко О.И., Короткевич О.С., Ковалев А.В., Морозов И.Н., Александрова Д.А. Биотехнологические аспекты использования лазерного излучения в технологических циклах производства свинины 305
Талан М.С., Гаевский М.С., Володин А.А., Докучаева И.С., Папаев Р.М. Влияние отходов пивоваренного производства на массу *Hermetia illucens* 308
Хаустов В.Н. Изучение влияния некоторых биопрепаратов в птицеводстве 310
Щуварикова А.С., Жукова Е.В., Пастух О.Н. Молочная продуктивность коз зааненской, альпийской и нубийской пород 312
Ягудин А.Р., Строганова И.Я. Анализ экономической эффективности вакцин ЦВС-2 315

РЕСУРСЫ АЛТАЯ ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕНИЯ, ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ

УДК 615.32

ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СПИРТОВЫХ ИЗВЛЕЧЕНИЙ КОРНЕВИЩ С КОРНЯМИ *IRIS BARBATA* HORT. МЕТОДОМ ВЭЖХ

Е. А. Антипова[1], Л. Е. Кудрикова[1], Е. А. Лейтес[2]

[1] Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул, Россия

[2] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Ухудшение экологической обстановки и разнообразные стрессовые факторы оказывают негативное влияние на состояние здоровья людей и являются причиной бурного роста так называемых «болезней цивилизации», в связи с чем возрос интерес к фитотерапии и, соответственно, фитопрепаратам, как наиболее безопасным лекарственным средствам. Класс изофлавоноидов также представляет большой интерес. Цель работы — фитохимическое изучение подземных органов ириса бородатого — *Iris barbata* Hort., как одного из источников ценных биологически активных соединений.

Ключевые слова: *Iris barbata* Hort., ирис бородатый, флавоноидные соединения, изофлавоноиды, биологически активные соединения

Интерес к безопасным фитопрепаратам неуклонно возрастает. Подавляющее большинство препаратов растительного происхождения, как известно, содержат флавоноидные соединения [1, 4], относящиеся к ценным биологически активным соединениям. Для фармакологических исследований большой интерес представляют вещества, относящиеся к классу изофлавоноидов. Изофлавоноиды — природные компоненты, содержащиеся в некоторых растениях, например в сое, красном клевере, солодке. Эти вещества относят к группе фитоэстрогенов, так как они имеют структурные фрагменты эстрадиола и способны влиять на синтез эстрогенов. Помимо этого изофлавоны обладают метаболическим, антиканцерогенным действием, а также благотворно влияют на сердечно-сосудистую систему и кожу.

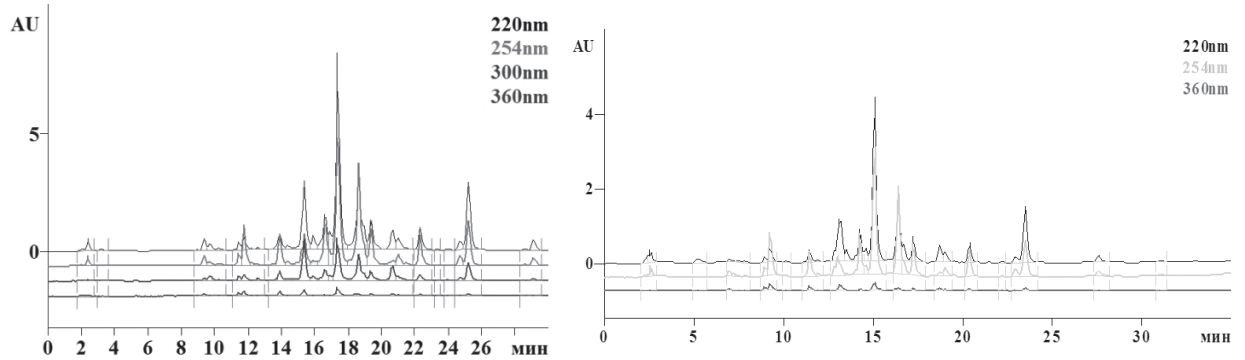
В научно-исследовательском институте садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко интродуцированы более 20 видов ирисов: *Iris barbata* Hort., *Iris sibirica* L., *Iris ensata* Thunb. и др. Дана графическая и статистическая характеристика качественных и количественных признаков для этих видов ирисов и определена возможность повышения уровня адаптации и декоративности. Созданы сорта с новыми типами цветка и высотой цветоносов: *I. sibirica* — низкорослые с чашевидным цветком, уникальной длительностью цветения; *Iris ensata* — высоко-, средне- и низкорослые, трех- и шестилепестные; *Iris barbata* — расширена цветовая гамма. Доказана возможность культуры Iris ensata в условиях лесостепи Западной Сибири благодаря выявлению биотипов, способных к инициации цветения и ремонтантности при любых погодных условиях. Уточнена методика оценки зимостойкости популяций и клонов, разработаны шкалы оценки хозяйственных признаков *Iris barbata, Iris sibirica, Iris ensata* [2].

Цель исследования — фитохимическое изучение подземных органов ириса бородатого — *Iris barbata* Hort., как одного из источников ценных биологически активных соединений.

Исследование проводили на жидкостном микроколоночном хроматографе марки «Милихром-А-02» на колонке размером 2×75 мм, с обращенной фазой Silasorb SPH 5C18, зернение 5 мкм. Детектирование проводили при длинах волн 220, 254, 300, 360 нм. Использовали две системы растворителей. В качестве подвижной фазы в первой системе применяли: элюент А — водный 0,01%-ный раствор трифторуксусной кислоты, элюент Б — 100%-ный ацетонитрил, осуществляли градиентное элюирование (Б: 5–55%), в качестве подвижной фазы второй системы: элюент А — фосфатный буфер с pH 4,7±0,2 (10 ммоль/л), элюент Б — ацетонитрил, градиент 10–60%. Время хроматографирования — 30 мин. Скорость потока — 100 мкл/мин, температура колонки — 35 °С.

Извлечение готовили следующим образом: 5,0 корневищ с корнями ириса бородатого помещали в круглодонную колбу, экстрагировали 50 мл 70%-ного спирта этилового на кипящей водяной бане с обратным холодильником 30 мин, фильтровали, удаляли с помощью гексана липофильные примеси.

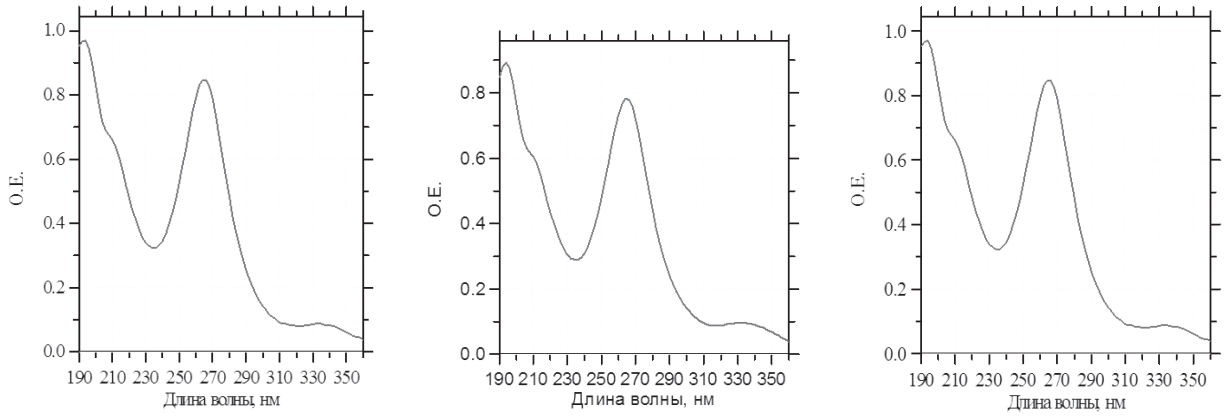
В спиртовом извлечении ириса бородатого в данных условиях методом ВЭЖХ зарегистрировано свыше 20 соединений, относящихся к природным фенолам (рис. 1).



А В

Рис. 1. ВЭЖХ хроматограммы спиртового извлечения из подземных органов *I. barbata* в двух системах: А – система ацетонитрил – ТФУ, Б – система ацетонитрил – фосфатный буфер

Сравнив хроматограммы, полученные в системе ацетонитрил — ТФУ и ацетонитрил — фосфатный буфер, установили, что обе системы обладают хорошей разделяющей способностью. Количество пиков на хроматограммах и спектры наиболее выраженных пиков совпадают.



А Б В

Рис. 2. Спектры веществ: А – время удерживания 16,59 мин; Б – время удерживания 17,45 мин; В – время удерживания 20,6 мин

В системе ацетонитрил-фосфатный буфер установлено, что три вещества со временами удерживания 16,59, 17,45 и 20,6 мин имеют характерные спектры с максимумом поглощения при длине волны 265 нм и плечо 310–335 нм. Согласно данным литературы [3] и характеру спектров, данные соединения относятся к изофлавоноидам предположительно группы ирисолидона. Вещества близки по химической структуре, поскольку спектры практически совпадают (рис. 2).

Таким образом, методом ВЭЖХ установлено наличие изофлавоноидов в спиртовом извлечении корневищ с корнями *Iris barbata* Hort.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипова Е. А., Лейтес Е. А. Определение содержания ксантонов и элементного состава надземной части и экстракта *Iris lactea* Pall. // Химия растительного сырья, 2019. — № 2. — С. 189–196.

2. Долганова З. В. Биология и интродукция цветочно-декоративных корневищных многолетников в Западной Сибири. — Новосибирск, 2002. — 232 с.

3. Корулькин Д. Ю., Абилов Ж. А., Музычкина Р. А., Толстиков Г. А. Природные флавоноиды. — Новосибирск, 2007. — 232 с.

4. Тарбеева Д. В. Полифенольные метаболиты *Iris pseudacorus* L. и его клеточные культуры : дис. … канд. хим. наук. — Владивосток, 2016. — 126 с.

УДК 615.3

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕКСААЗАИЗОВЮРЦИТАНА НА ПРОБИОТИКИ

Ю. А. Балахнин[1], Л. А. Бахолдина[2]

[1] Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, г. Бийск, Россия

[2] Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, г. Бийск, Россия

Проведена микробиологическая оценка влияния 4,10-ди-(*n*-нитробензил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекана и 2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекана на микрофлору кишечника человека на примере комплекса сухих микроорганизмов пробиотиков «Эвиталия» диско-диффузионным методом и методом посева на агар.

Ключевые слова: производные тетраацетилгексаазаизовюрцитана, пробиотики, микрофлора кишечника, «Эвиталия»

Соединения гексаазаизовюрцитана представляют значительный интерес, связанный с их высокой биологической активностью и низкой токсичностью в опытах на мышах [5]. В настоящее время показана анальгетическая активность 4-(3,4-дибромтиофенкарбонил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекана (тиовюрцин) и 4,10((±)-5-бензоил-2,3-дигидро-1н[1,2-а]пиррол-1-карбонил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло [5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекана (дикеторолак), синтезированных на основе тетраацетилгексаацетилизовюрцитана (ТАИВ) (рис. 1).

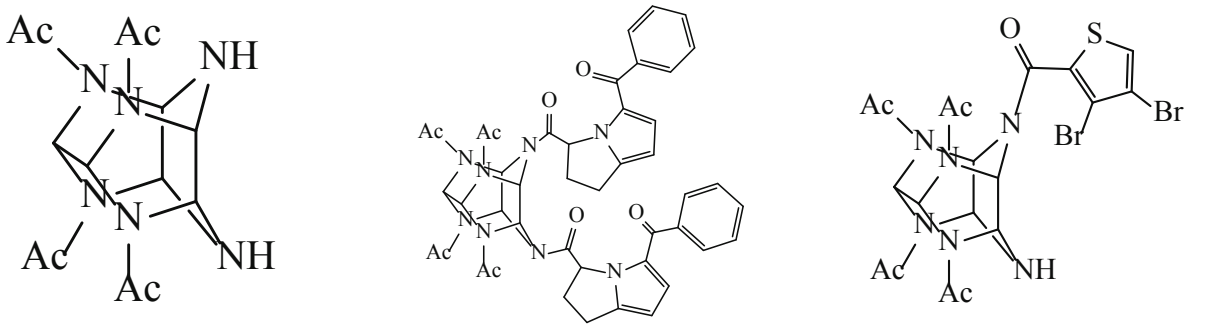


Рис. 1. Структурные формулы производных ТАИВ – дикеторолака и тиовюрцина

Соединение 4,10-дибензил-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекан (ДБ) обладает противосудорожной активностью и проявляет анксиолитические свойства [1–3]. А его нитропроизводное 4,10-ди-(*n*-нитробензил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекана (ДНДБ) увеличивает продолжительность действия хлоралгидрата на 71,5%, действуя аналогично имипраминоподобным (антидепрессантным) препаратам, при этом это соединение отличается аллостерической стимуляцией ЦНС [7].

Так как при пероральном приеме производные гексаазаизовюрцитана подвергаются метаболизму в желудочно-кишечном тракте [6], интерес представляет изучение влияния производных гексаазаизовюрцитана на полезную микрофлору кишечника.

Синтез ДНДБ проводили со стадии конденсации полициклической структуры изовюрцитана, получая 2,4,6,8,10,12-гексабензил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекан (ГБ) по известной методике. Полученный ГБ восстанавливали водородом на палладиевом катализаторе в присутствии уксусного ангидрида до ДБ. Затем нитровали ДБ в *n*-положение бензольного кольца до ДНДБ (рис. 2).

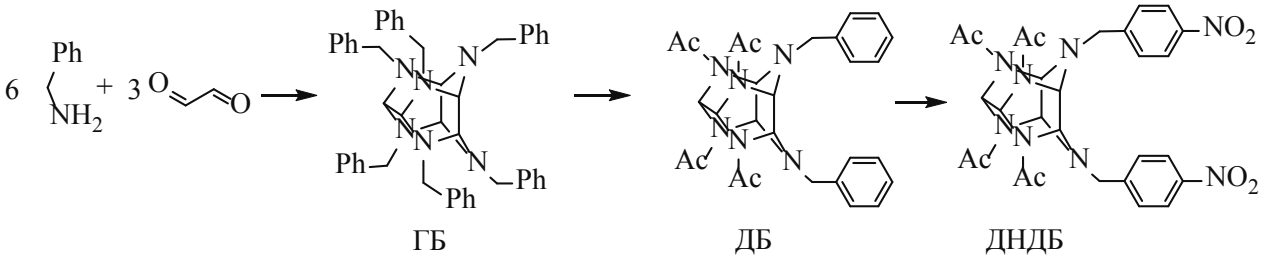


Рис. 2. Схема синтеза ДНДБ

Исследование влияния ДНДБ и ТАИВ на развитие комплекса сухих микроорганизмов пробиотиков «Эвиталия» двумя методами: диско-диффузионным методом и методом посева на агар.

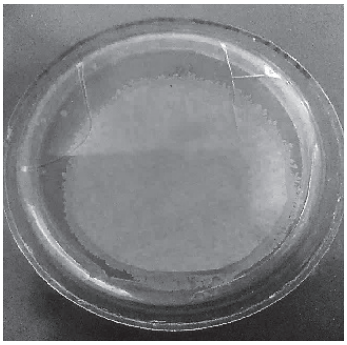
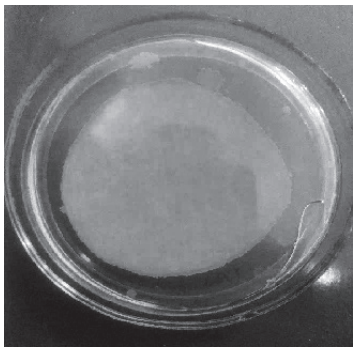
При диско-диффузионом методе определяли чувствительность микроорганизмов к действию исследуемых соединений. Диск фильтровальной бумаги смачивали в растворе исследуемого соединения (концентрация 0,08 г/л), после чего накладывали на засеянный питательный агар в чашке Петри [4].

Метод посева на агар проводили с целью оценки положительного влияния на рост полезных микроогранизмов. Для исследования делали разведение микроогранизмов и проводили посев на агар (контроль) и на агар, содержащий 0,08 г/л исследуемого вещества.

Результаты и обсуждение. Диско-диффузионный метод показал, что исследуемые соединения не оказывают негативного влияния на полезные микроорганизмы, ни в одном из опытов зон подавления роста микроорганизмов не наблюдалось (табл. 1).

Таблица 1

Количество микроорганизмов, культивируемых на агаре, содержащем исследуемые соединения

№	Образец	Образцы чашек Петри
1	Контроль	
2	ТАИВ	
3	ДНДБ	

Метод посева на агар, содержащий исследуемые соединения, показал рост микроорганизмов, по количеству близкий к контролю. Немного выше количество микроорганизмов на агаре с ДНДБ. Таким образом, исследуемые соединения не влияют на рост полезных микроогранизмов, а ДНДБ может даже благотворно влиять на их рост (табл. 2).

Таблица 2

Количество микроорганизмов, культивируемых на агаре, содержащем исследуемые соединения

№	Образец	Количество микроорганизмов, 10^6 КОЕ	
		Разведение 1/100	Разведение 1/1000
1	Контроль	0,89±0,15	1,30±0,16
2	ТАИВ	1,02±0,10	1,50±0,18
3	ДНДБ	1,52±0,12	1,43±0,15

По результатам микробиологических исследований можно предположить, что лекарственные препараты на основе ТАИВ и ДНДБ при пероральном приеме не будут оказывать негативного влияния на микрофлору кишечника человека.

Заключение. Микробиологическая оценка влияния ТАИВ и биологически активных соединений на его основе на пробиотики показала устойчивость микроорганизмов к действию исследуемых соединений. Эксперимент позволяет предположить, что введение перорально лекарственных препаратов на основе гексаазаизовюрцитана не будет вызывать угнетения микрофлоры кишечника человека.

Работа выполнена в рамках базового проекта № 0308–2019–0016 «Разработка методов синтеза и технологий получения лекарственных веществ и материалов» при использовании приборной базы Бийского регионального центра коллективного пользования СО РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 4,10-Бис-((±)-5-бензоил-2,3-дигидро-1Н-пирроло[1,2-а]пиррол-1-карбонил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гесаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекан в качестве анальгетического средства и способ его получения : пат. 2558148 Рос. Федерация № 2014128155/04; заявл. 09.07.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21. — 8 с.

2. 4-(3,4-Дибромтиофенкарбонил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гесаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекан в качестве анальгетического средства и способ его получения : пат. 2565766 Рос. Федерация № 2014146024/04; заявл. 17.11.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29. 9 с.

3. 4-(3,4-Дибромтиофенкарбонил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекан в качестве противосудорожного средства : пат. 2684107 Рос. Федерация № 2018101183; заявл. 12.01.2018; опубл. 04.04.2019, Бюл. № 10. — 9 с.

4. Каменская Е. П., Аверьянова Е. В. Количественный учет микроорганизмов: методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсам «Основы микробиологии», «Микробиология», «Общая биология и микробиология» для студентов специальностей 240901 «Биотехнология» и 260204 «Технология бродильных производств и виноделие» всех форм обучения // Алт. гос. тех. ун-т, БТИ. — Бийск : Изд-во Алт. гос. тех. ун-та, 2007. — 35 с.

5. Кулагина Д. А. Разработка методов синтеза ацильных производных гексаазаизовюрцитана : дис. … канд. хим. наук. Бийск, 2018. — 126 с.

6. Лопатина К. А., Брюшинина О. С., Гурто Р. В. и др. Некоторые аспекты фармакокинетики нового анальгетика из класса гексаазаизовюрцитана у крыс // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии, 2019. — Т. 17. — № 4. — С. 51–56.

7. Толстикова Т. Г., Морозова Е. А., Сысолятин С. В. и др. Синтез и биологическая активность производных 2,4,6,8,10,12-гесаазатетрацикло[5.5.0.0^{3,11}.0^{5,9}]додекана // Химия в интересах устойчивого развития, 2010. — № 18. — С. 511–516.

УДК 615.324

ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ПАНТОВОГО ОЛЕНЕВОДСТВА НА СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВКАХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А. А. Блажко

Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул, Россия

Физическая нагрузка высокой интенсивности и продолжительности может приводить к развитию патологических изменений у организма, а со стороны системы гемостаза — повышать риск тромбообразовани. В данной статье рассматривается возможность использования продуктов пантового оленеводства с целью уменьшения риска развития состояния тромботической готовности при физической тренировке высокой продолжительности и интенсивности. Исследование было выполнено на 50 крысах линии Вистар, сверхпороговая физическая нагрузка моделировалась в виде навязанного бега в тредбане в течение 8 часов. В качестве адаптогена использовался концентрат «Пантогематоген (Лубяньгем)», содержащий помимо крови марала еще и гистализат из репродуктивных органов. Экспериментальные животные принимали концентрат перорально в дозировке 2 мл на 100 г массы тела в сутки 30 дней. Предварительный курсовой прием исследуемого адаптогена предупреждал появление признаков состояния тромботической готовности у крыс после сверхпороговой физической нагрузки, таких как: тромбоцитопения, повышение агрегационной функции тромбоцитов, увеличение концентрации растворимых фибрин-мономерных комплексов в плазме крови, снижение притока крови в зону микроциркуляции. Такой адаптогенный эффект достигался за счет повышения модуляции кровотока веществами, входящими в состав концентрата.

Ключевые слова: продукты пантового оленеводства, гемостаз, физическая нагрузка, микроциркуляция, адаптация

Введение. Известно, что физическая тренировка высокой интенсивности и продолжительности может приводить не только к развитию патологических процессов в организме человека, но и к летальным исходам. Причем не только у нетренированных людей, но и у профессиональных спортсменов. Чаще всего такие проблемы связаны с нарушением работы сердечно-сосудистой системы и системы свертывания крови [4, 10, 12].

В современной физиологии и гематологии совокупность изменений показателей систем гемостаза и микроциркуляторного русла, приводящих впоследствии к тромбозу, принято называть «состояние тромботической готовности» [5]. В спортивной и восстановительной медицине остается актуальным поиск путей повышения адаптивности организма к высоким физическим нагрузкам, для того чтобы уменьшить риск развития состояния тромботической готовности и других изменений со стороны сердечно-сосудистой системы. Так, например, отмечено адаптивное действие предварительных постоянных тренировок и приема адаптогенов животного и растительного происхождения [9].

Одними из актуальных для нашего региона видов адаптогенов являются продукты пантового оленеводства [6]. Отмечено адаптивное действие приема продуктов крови марала в виде повышения кислородного обмена, снижения в мышцах уровня молочной кислоты, улучшения физической работоспособности организма и мн. др. [7]. Однако влияние продуктов пантового оленеводства на уровень адаптивности состояния систем гемостаза и микроциркуляторного русла описано в литературе недостаточно.

Цель работы: определить возможность снижения риска развития состояния тромботической готовности при высокой физической нагрузке в эксперименте предварительным курсовым приемом продуктов пантового оленеводства.

Материалы и методы. Исследование проводилось на 50 белых крысах линии Вистар, самцах, согласно правилам Европейской конвенцией по охране позвоночных животных, используемых в экс-

перименте, Директивам — 86/609/EEC. Животные были рандомизированно разделены на 4 группы: контрольную (20 особей) и три экспериментальных (по 10 животных).

Первая и третья экспериментальные группы животных подвергались 8-часовому навязанному бегу в тредбане; ранее нами было отмечено, что такая нагрузка является для крыс «сверхпороговой» [2].

Вторая и третья группы экспериментальных животных принимали концентрат, содержащий кровь и гистолизат половых органов самцов марала, «Пантогематоген (Лубяньгем)», являющийся разработкой Всероссийского научно-исследовательского института пантового оленеводства. Лабораторные животные принимали водный раствор концентрата в дозировке 2 мл на 100 г массы тела в сутки в течение 30 дней, данная дозировка была рассчитана с учетом коэффициентов межвидового пересчета [8]; оптимальный режим приема концентрата был экспериментально определен в предыдущих работах [1]. Третья группа экспериментальных животных после 30 дней приема концентрата на 31-й день подвергалась сверхпороговой физической нагрузке.

Контрольная и первая экспериментальные группы животных на протяжении 30 дней принимали воду в том же объеме, что и вторая и третья экспериментальные группы водного раствора исследуемого концентрата. На 31-й день первая экспериментальная группа животных подвергалась 8-часовой физической нагрузке, контрольные же крысы в течение 8 часов находились в неподвижном тредбане.

По итогу всех вышеописанных воздействий у крыс in vivo под эфирным наркозом проводилось исследование показателей микроциркуляторного русла с помощью метода лазерной допплеровской флоуметрии (ЛАКК-02, НПО «Лазма», Россия): показатель микроциркуляции и среднее квадратичное отклонение от показателя микроциркуляции (флакс). Данные показатели отражают степень перфузии ткани и среднюю модуляцию микрокровотока.

Далее у крыс всех групп производился забор крови из печеночного синуса в объеме 4–5 мл в шприц, содержащий цитрат натрия (соотношение крови и цитрата — 9:1). Определение количества тромбоцитов проводилось на цельной крови с помощью гематологического анализатора «Drew3» (США). Агрегационная функция тромбоцитов изучалась после центрифугирования крови на агрегометре «Biola» (Россия) при смешивании плазмы с раствором АДФ (по Born A. G.). Для определения концентрации растворимых фибрин-мономерных комплексов (РФМК) в плазме использовали ортофенантролиновый тест (по В.А. Елыкомову и А.П. Момоту) с применением набора реагентов фирмы «Технология-Стандарт» (Россия) и коагулометра «Минилаб» (Россия).

Результаты экспериментальной работы подвергались статистической обработке с помощью пакета статистических программ STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc, Tulsa, Oklahoma, США). Полученные в ходе исследований данные представлены в таблице в виде (m [25–75%]), где m — медиана в выборочной совокупности; [25–75%] — 25-й и 75-й перцентили. Для того чтобы определить статистическую значимость, использовался непараметрический метод статистической обработки экспериментальных результатов U-критерий Манна-Уитни, так как полученные признаки не подчинялись нормальному распределению. Различия считались достоверными при уровне статистической значимости $p<0,05$.

Результаты и их обсуждение

Показатели системы гемостаза и микроциркуляторного русла у крыс контрольной и экспериментальных групп

Показатели	Контрольная группа	Экспериментальная группа № 1 (8-часовая физическая нагрузка)	Экспериментальная группа № 2 (30-дневный прием концентрата)	Экспериментальная группа № 3 (30-дневный прием концентрата + 8-часовая физическая нагрузка)
Тромбоциты, 10^9/л	569,5 [562,0–572,5]	433,5 [368,0–502,3] p=0,003 (Δ — 24%)	570,0 [558,0–587,0] p=0,940	546,5 [508,0–617,0] p=0,791
Индуцированная АДФ-агрегация тромбоцитов, максимальное значение	29,0 [28,5–29,6]	73,8 [65,3–80,7] p<0,001 (Δ+155%)	30,0 [29,3–31,1] p=0,070	30,9 [26,6–33,8] p=0,427

Окончание таблицы

Показатели	Контрольная группа	Экспериментальная группа № 1 (8-часовая физическая нагрузка)	Экспериментальная группа № 2 (30-дневный прием концентрата)	Экспериментальная группа № 3 (30-дневный прием концентрата + 8-часовая физическая нагрузка)
РФМК, мг/100 мл	3,5 [3,5–3,9]	11,5 [9,3–12,5] p<0,001 (Δ+229%)	3,5 [3,5–4,5] p=0,344	3,5 [3,5–4,0] p=0,290
Показатель микроциркуляции, пф. ед.	6,9 [5,8–8,8]	3,9 [3,6–5,0] p<0,001 (Δ — 43%)	7,7 [6,1–9,3] p=0,749	7,7 [4,8–9,1] p=0,891
Среднее квадратичное отклонение (флакс)	3,6 [2,9–4,9]	2,1 [1,6–2,5] p=0,001 (Δ — 42%)	7,5 [5,3–10,1] p=0,006 (Δ+108%)	3,3 [1,7–4,3] p=0,441

Примечание: результаты представлены в виде (m [25–75%]), где m — медиана в выборочной совокупности; [25–75%] — 25-й и 75-й перцентиль. Δ — статистически значимая разница экспериментальной с контрольной группой при p<0,05; p — уровень значимости различий экспериментальной с контрольной группой животных; РФМК — растворимые фибрин-мономерные комплексы; пф. ед. — перфузионные единицы.

Как видно из таблицы, 8-часовая физическая тренировка вызывала у животных экспериментальной группы № 1 снижение количества тромбоцитов на 24% (p=0,003) на фоне повышения их агрегационной активности на 155% (p<0,001) по сравнению с крысами контрольной группы. Такая тромбоцитопения при активации агрегационной функции, вероятно, связанна с уже начавшимся процессом образования мелких тромбов, что характерно при длительном стрессорном воздействии на организм [13]. Также сверхпороговая физическая нагрузка у крыс приводила к повышению концентрации растворимых фибрин-мономерных комплексов в плазме крови на 229% (p<0,001), что является одним из основных маркеров внутрисосудистого свертывания [5, 14]. Со стороны микроциркуляторного русла после стрессорного воздействия отмечалось снижение показателя микроциркуляции на 43% (p<0,001) и флакса на 42% (p=0,001), что свидетельствует об уменьшении кровотока и его вариабельности в зоне микроциркуляции, что может быть связано с активацией симпатоадреналовой системы и уменьшением выработки оксида азота поврежденным эндотелием [3, 11].

30-дневный прием концентрата, содержащего кровь и гистолизат из половых органов марала, вызывал у крыс экспериментальной группы № 2 лишь повышение флакса со стороны микроциркуляторного русла на 108% (p=0,006) по сравнению с контрольной группой животных. Такое повышение модуляции кровотока, возможно, связано с действием некоторых цитокинов, выявленных в составе крови марала, обладающих пептидергической активностью и способных активировать выработку оксида азота эндотелием [15]. Повышение флакса, изменчивости кровотока при курсовом приеме продуктов пантового оленеводства можно расценивать как адаптивное действие, подготавливающее организм к стрессорному воздействию, которое, как показано, приводит к сужению сосудов и уменьшению кровотока.

У животных экспериментальной группы № 3 8-часовая физическая тренировка, проведенная на 31-й день приема концентрата, не вызывала никаких значимых отклонений показателей системы гемостаза и микроциркуляторного русла от таковых показателей контрольной группы.

Заключение. Таким образом, курсовой 30-дневный прием концентрата, содержащего помимо крови марала еще и гистолизат репродуктивных органов марала, в дозировке 2 мл на 100 г массы тела устраняет у крыс признаки развития состояния тромботической готовности, возникающие при сверхпороговой физической нагрузке. Такой адаптивный эффект достигается за счет повышения модуляции микрокровотока веществами, входящими в состав продуктов пантового оленеводства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блажко А. А., Шахматов И. И., Жариков А. Ю., Киселев В. И. Повышение антикоагулянтной и фибринолитической активности плазмы крови у крыс при использовании продуктов пантового оленеводства // Казанский медицинский журнал, 2018. — Т. 99 (1). — С. 64–70. DOI: 10.17816/KMJ2018–064.

2. Блажко А. А., Шахматов И. И., Киселев В. И., Лычева Н. А., Москаленко С. В. Изменения микроциркуляции у крыс по данным лазерной допплеровской флоуметрии при физической нагрузке, сопровождающейся развитием состояния тромботической готовности // Регионарное кровообращение и микроциркуляция, 2017. — № 16 (4). — С. 60–64. DOI: 10.24884/1682–6655–2017–16–4–60–64.

3. Крупаткин А. И. Колебания кровотока — новый диагностический язык в исследовании микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2014. — № 13 (1). — 83–99.

4. Макаров Л. М. Спорт и внезапная смерть у детей // Российский вестник перинатологии и педиатрии, 2017. — Т. 62 (1). — С. 40–46. DOI: 10.21508/10274065–2017–62–1–40–46.

5. Момот А. П. Современные методы распознавания состояния тромботической готовности. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2011. — 138 с.

6. Попова И. С., Шарахова Е. Ф. Перспективы развития переработки сырья пантового оленеводства в Алтайском крае // Известия Алт. гос. ун-та, 2012. — № 3 (1). — С. 60–65.

7. Суслов Н. И., Гурьянов Ю. Г. Продукция на основе пантогематогена. Механизмы действия и особенности применения. — Новосибирск : Сиб. университетское изд-во, 2008. — 144 с.

8. Хабриев Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. — М. : Медицина, 2005. — 832 с.

9. Шахматов И. И., Бондарчук Ю. А., Вдовин В. М., Алексеева О. В., Киселев В. И. Нарушения гемостаза и их коррекция адаптогеном // Патологическая физиология и экспериментальная терапия, 2010. — № 2. — С. 43–46.

10. Harmon K. G., Asif I., Maleszewski J., Owens D., Prutkin J., Salerno J. C., Zigman M. L., Ellenbogen R., Rao A. L., Ackerman M., Drezner J. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Arrest and Death in High School Athletes in the United States // Mayo Clinic Proceedings, 2016. — Vol. 91 (11). — P. 1493–1502. DOI: 10.1016/j.mayocp. 2016.07.021.

11. Mahe G., Abraham P., Durand S. Laser method can also be used for endothelial function assessment in clinical practice // Journal of Atherosclerosis and Thrombosis, 2013. — Vol. 20 (5). — P. 512–513. DOI: 10.5551/jat. 16485.

12. Marijon E., Uy-Evanado A., Reinier K., Teodorescu C. A., Narayanan K., Jouven X., Gunson K. L., Jui J., Chugh S. Sudden Cardiac Arrest During Sports Activity in Middle Age // Circulation, 2015. — Vol. 131. — P. 1384–1391. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA. 114.011988.

13. McCarty O. J., Abulencia J. P., Mousa S. A., Konstantopoulos K. Evaluation of platelet antagonists in in vitro flow models of thrombosis // Methods in molecular medicine, 2004. — Vol. 93. — P. 21–34. DOI: 10.1385/1–59259–658–4:21.

14. Mega J. L., Morrow D. A., de Lemos J. A., Mohanavelu S., Cannon C. P., Sabatine M. S. Thrombus precursor protein and clinical outcomes in patients with acute coronary syndromes // Journal of the American College of Cardiology, 2008. — Vol. 51 (25). — P. 2422–2429. DOI: 10.1016/j. jacc. 2008.01.069.

15. Zhao L., Mi Y., Guan H., Xu Y., Mei Y. Velvet antler peptide prevents pressure overload-induced cardiac fibrosis via transforming growth factor (TGF) — β1 pathway inhibition // European journal of pharmacology, 2016. — Vol. 15 (783): — P. 33–46. DOI: 10.1016/j. ejphar. 2016.04.039.

УДК 615.322

ЭФФЕКТИВНАЯ ЛЕКАРСТВЕННАЯ ФОРМА МАЗИ «АЯФРОЛ» И ЕЕ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

О. В. Маслова[1], А. С. Амиржанова[1], С. М. Адекенов[2]

[1] Центр фитотерапии, г. Караганда, Казахстан

[2] Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия», г. Караганда, Казахстан

В данной статье представлены результаты стандартизации ранозаживляющей мази «Аяфрол». Установлены показатели качества исследуемого препарата, разработаны методики качественного и количественного определения действующего вещества эфирного масла аянии кустарничковой — хамазулена. Изучена стабильность мази в процессе хранения.

Ключевые слова: аяния кустраничковая, хамазулен, «Аяфрол» мазь, ранозаживляющее средство, стандартизация

Введение. Проблема лечения гнойных ран продолжает оставаться одной из основных в современной медицине, разработка научно обоснованных методов местного лечения ран важна как для теоретической, так и для практической медицины. Для местной терапии применяют мази с ранозаживляющей активностью. Многие лекарственные средства обладают сравнительно слабым лечебным действием, в большинстве случаев недостаточным для подавления патогенной раневой микрофлоры, купирования воспалительного процесса, и поэтому не дают желаемого быстрого очищения ран от гнойно-некротических масс.

В связи с этим перспективными считаются препараты, обладающие комплексным действием на патогенетические звенья раневого процесса. В этом отношении актуальным представляется использование биологически активных эфирных масел растений. В частности, внимание исследователей привлекает эфирное масло аянии кустарничковой, одним из достоинств которого является сочетание нескольких терапевтических эффектов.

На основе биологически активного эфирного масла аянии кустарничковой (*Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak), основным компонентом которого является хамазулен (рис. 1) — до 44%, разработана мазь «Аяфрол», обладающая антибактериальным, противовоспалительным и ранозаживляющим действием. Хамазулен — 1,4-диметил-7-этилазулен, состава С*14*Н*16*, представляет собой густую жидкость от голубого до темно-синего цвета со своеобразным запахом с т. кип. от 158 до 160 °С.

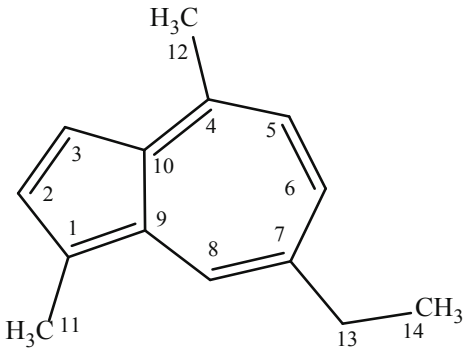


Рис. 1. Строение хамазулена

Изучение безопасности мази «Аяфрол» показало отсутствие репродуктивной токсичности, мутагенности, аллергических реакций при ее использовании [1, 2]. Результаты доклинических и клинических исследований свидетельствуют об эффективности мази при лечении послеоперационных гнойных ран [3].

Разработка опытно-промышленного регламента мази «Аяфрол» и внедрение его технологии в фармацевтическое производство требует стандартизации субстанции и лекарственной формы оригинального препарата.

С целью стандартизации мази «Аяфрол» изучены ее органолептические и физико-химические свойства, а также разработаны методики контроля качества и проведено исследование стабильности препарата. Для качественного и количественного определения хамазулена в мази «Аяфрол» использован метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ).

Материалы и методы. Объектом исследования является 3%-ная мазь «Аяфрол». Мазь «Аяфрол» анализировали фармакопейными методами: описание, однородность (ГФ РК, Т. 1), определение pH (ГФ РК, Т. 1, 2.2.3), определение массы содержимого тубы (ГФ РК, Т. 1, 2.9.5), микробиологическая чистота (ГФ РК, Т. 1, 5.1.4), количественное определение: газово-хроматографический анализ (ГФ РК, Т. 1, 2.2.28).

Определение однородности мази проводили по методике ГФ РК I, т. 1. Отбирают 4 пробы по 20–30 мг каждая и помещают по две пробы на предметное стекло. Покрывают вторым предметным стеклом, плотно прижимают до образования пятен диаметром около 2 см и просматривают пятна невооруженным глазом на расстоянии 30 см от глаза; в трех из четырех пятен не должно обнаруживаться видимых частиц. Опытные образцы 5 серий однородны по указанной методике.

Размер частиц должен быть не более 100 мкм (в соответствии с ГФ РК с. 529).

Определение pH водного раствора мази «Аяфрол» проведено по методике ГФ РК с. 529 потенциометрическим методом.

В 1 г препарата допускается наличие не более 1000 аэробных бактерий и 100 дрожжевых и плесневых грибов (суммарно). Не допускается наличие *Salmonella, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus*.

Количественное содержание хамазулена в 3%-ной мази «Аяфрол» проводили методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристаллюкс 4000М» (Россия).

Около 2,0 г (точная навеска) препарата растворяют при нагревании в 15 мл эфира диэтилового, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 25 мл, доводят объем раствора тем же растворителем до метки и перемешивают.

Приготовление раствора РСО хамазулена. 0,5 г (точная навеска) помещают в мерную колбу вместимостью 25 мл, растворяют в 15 мл эфире диэтиловом, доводят объем раствора тем же растворителем до метки и перемешивают. Используют свежеприготовленный раствор.

1,0 мкл полученного раствора и стандартного образца вводят микрошприцем в испаритель хроматографа. Результаты исследования приведены на рисунках.

Условия хроматографирования. Пламенно-ионизационный детектор (ПИД). Капиллярная колонка ZB-5 (сополимер 5%-фенил-95%-диметилполисилоксана) 30 м длиной с внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной пленки 0,25 μм. Газ-носитель — аргон, скорость 20 $см^3$/мин, водород — 60 $см^3$/мин, воздух — 550 $см^3$/мин. Начальная температура колонки 35^{0}С, с дальнейшим повышением до 270^{0}С со скоростью 2^{0}С в минуту. Температура детектора — 270^{0}С. Температура испарителя — 250^{0}С. Каждую пробу хроматографируют не менее 5 раз.

Параллельно проводят анализ раствора РСО хамазулена, 1,0 мкл которого вводят микрошприцем в испаритель хроматографа не менее 5 раз.

Содержание хамазулена в препарате (X) в процентах определяют методом сравнения с внешним стандартом по формуле:

$$X = \frac{S_1 \times m_0 \times 25 \times 100 \times P}{S_0 \times m_1 \times 25 \times 100},$$

где S_1 — среднее значение площадей пика хамазулена на хроматограммах испытуемого раствора;

S_0 — среднее значение площадей пика хамазулена на хроматограммах раствора РСО хамазулена;

m_1 — масса навеска препарата, в граммах;

m_0 — масса навеска РСО хамазулена, в граммах;

P — количественное содержание хамазулена в РСО хамазулена, в граммах;

25 — разведения.

Содержание эфирного масла в мази «Аяфрол» в пересчете на хамазулен не менее 0,2%.

Результаты анализа считаются достоверными, если выполняются требования теста «Проверка пригодности хроматографической системы».

Проверка пригодности хроматографической системы

Хроматографическая система считается пригодной, если выполняются следующие условия:

— эффективность аналитической колонки, рассчитанной по пику РСО хамазулена на хроматограммах РСО хамазулена, должна составлять не менее 30000 теоретических тарелок;
— коэффициент асимметрии пика, рассчитанный на хроматограммах раствора РСО хамазулена, должен быть не более 2;
— относительное стандартное отклонение, рассчитанное для площади пика РСО хамазулена на хроматограммах РСО хамазулена, должно быть не более 2%.

Результаты и обсуждения. Мазь «Аяфрол» по внешнему виду синего цвета с сильным ароматным полынным запахом.

Качественными реакциями подтвердилась подлинность на содержание терпенов, хамазулена.

Средняя масса мази в тубе составляет 30 г, отклонение от средней массы ±3%.

Анализ 5 серий опытных образцов разработанной мази показал, что значение pH водных растворов препарата находится в пределах 4,8–5,2. На основании результатов данного исследования нормировано значение pH водных растворов мази «Аяфрол» в пределах 4,5–7,0.

На основании 5 серий опытных образцов мази на основе эфирного масла аянии кустарничковой не обнаружено частиц с размером более 100 мкм, что свидетельствует о соответствии выбранной технологии приготовления мази.

По результатам ГЖХ анализа количественное содержание хамазулена в 3%-ной мази «Аяфрол» составляет 0,5% (рис. 2).

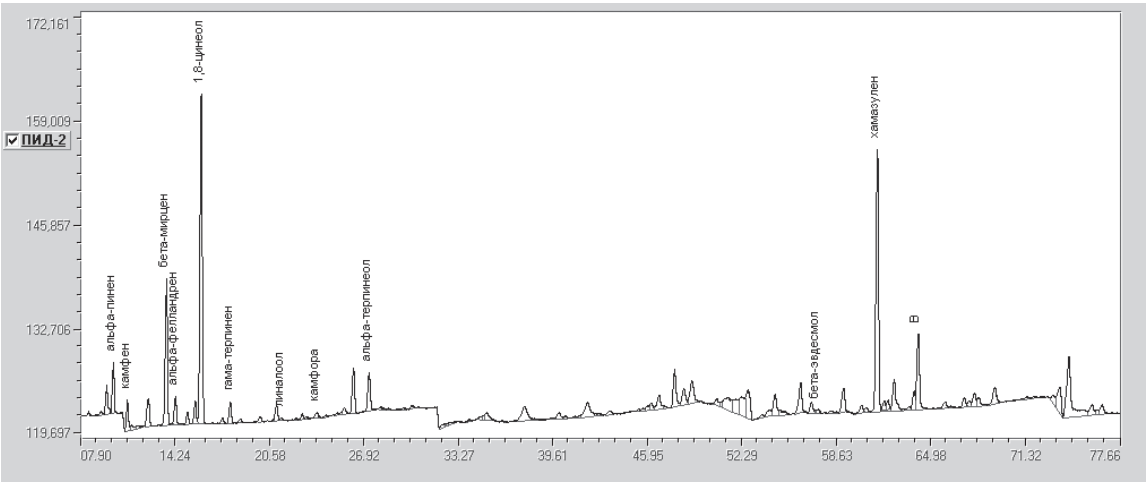


Рис. 2. Хроматограмма 3%-ной мази «Аяфрол»

Исследование стабильности мази «Аяфрол» проведены при хранении методом долгосрочных испытаний на трех опытно-промышленных сериях.

Условия проведения долгосрочных испытаний максимально приближены к предполагаемым условиям хранения лекарственного средства: температура хранения (от 12 до 15 °С), °С, относительная влажность (6±5),%.

Периодичность контроля образцов составляла: 0, 3, 6, 9, 12 месяцев, что позволило сделать вывод об устойчивости действующих веществ в течение указанного времени.

Исследования основных показателей качества мази «Аяфрол» выявили, что данная лекарственная форма стабильна в течение одного года при температуре хранения от 12 °С до 15 °С и относительной влажности 60±5%.

В процессе хранения каких-либо существенных изменений в показателях качества не обнаружено. Выявленные отклонения в отдельных показателях не превышают допустимые пределы.

Таким образом, результаты экспериментальных данных свидетельствует, что мазь «Аяфрол» стабильна. Значительных изменений в условиях хранения во внешнем виде при количественном и качественном анализе не наблюдаются. Следовательно, в исследуемых образцах мази «Аяфрол» с течением времени хранения содержание действующего вещества хамазулена не снижается.

Выводы. По результатам исследований разработана методика контроля качества лекарственной формы мази «Аяфрол». Для определения качественного состава и количественного содержания в эфирном масле аянии кустарничковой действующего вещества хамазулена рекомендуется метод газожидкостной хроматографии. Стабильность 3%-ной мази «Аяфрол» при хранении в течение одного года при температуре 12–15 °С позволяет установить ее срок годности — 1 год.

Работа выполнена по грантовому проекту 0125–18 ГК «Внедрение в практическую медицину и продвижение на фармацевтический рынок нового оригинального ранозаживляющего средства», финансируемому АО «Фонд науки» (договор № 317 от 30.11.2018 г.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РК № 31388 Ранозаживляющая мазь «Аяфрол» на основе эфирного масла аянии кустарничковой *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak / Г. А. Атажанова, А. Н. Жабаева, С. М. Адекенов. Опубл. 29.07.2016 г.

2. Адекенов С. М., Тургунов Е. М., Атажанова Г. А., Азизов И. С., Тритек В. С., Бадыров Р. М. Изучение биодоступности нового фитопрепарата «Аяфрол» // Фармация и фармакология, 2014. — № 6 (7). — С. 62–65.

3. Тургунов Е. М., Мадияров А. Е., Золотарев Д. В., Арыстан Л. И., Сейдахметова Р. Б., Адекенов С. М. Клиническое исследование безопасности ранозаживляющего препарата «Аяфрол, мазь 3%» // Вестник КГМА им. И. К. Ахунбаева, 2018. — № 1. — С. 25–30.

УДК 615.83 (571.150)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАУЧНОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА АЛТАЙСКОГО КРАЯ ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕНИЯ, ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ

И. С. Попова

Управление Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям, г. Барнаул, Россия

В статье отражен потенциал Алтайского края для развития пищевой и фармацевтической промышленности, представлена динамика изменения количества алтайских производителей лекарственных средств и биологически активных добавок к пище, количество зарегистрированных ими препаратов в период за 2017–2020 гг. Отмечены меры государственной поддержки, оказанной развитию биотехнологий в Алтайском крае, и обозначены профильные научные организации и их научные проекты в области развития биотехнологий по направлению «пищевые биотехнологии» и «биофармацевтика и биомедицина».

Ключевые слова: Алтайский край, биотехнологии, лекарственные препараты, биологически активные добавки, научно-исследовательские разработки

Стратегия социально-экономического развития Алтайского края до 2035 г. обозначает горизонты развития региона и в приоритете «Качество жизни» ставит ряд стратегических задач, к которым относятся:

- сокращение онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, развитие системы детского здравоохранения, включая создание современной инфраструктуры оказания медицинской помощи детям;
- формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек [1], что согласуется с проводимой государственной политикой в рамках реализуемых национальных проектов.

По мнению многих ученых, снижение потенциала здоровья населения и уменьшение адаптационных резервов организма связано с изменением структуры питания [2].

Алтайский край входит в число крупнейших аграрных регионов России и по итогам 2020 г. по валовому сбору овса и гречихи сохранил лидирующие позиции в Российской Федерации, по производству яровой пшеницы, рапса и льна масличного — второе место. Производство масличных культур в прошлом году достигло более 1,1 млн тонн, что на 7% больше, чем годом ранее. Таким образом, ресурсный потенциал края позволяет успешно развивать различные производства (пищевые, фармацевтические, парафармацевтические и другие смежные). Нашему региону также принадлежат лидерские позиции и по изготовлению некоторых групп пищевых продуктов, включая и биологически активные добавки к пище.

Исследования ассортиментного портфеля организаций пищевой и фармацевтической промышленности Алтайского края в период с 2017 по 2020 гг. свидетельствуют о его постепенном расширении. Продукция (лекарственные препараты, БАД к пище, специализированные продукты питания) входят в сегмент лечения, оздоровления и реабилитации и востребованы фармацевтическим рынком.

Количество предприятий, имеющих лицензии на производство лекарственных средств, в период с 2010 по 2020 г. увеличилось незначительно, тогда как количество организаций, осуществляющих изготовление биологически активных добавок к пище в Алтайском крае, выросло значительно [3]. Так, к базовому 2010 г. количество фармпроизводителей увеличилось в 1,1 раза, а производителей БАД — в 1,6 раза (рис. 1).

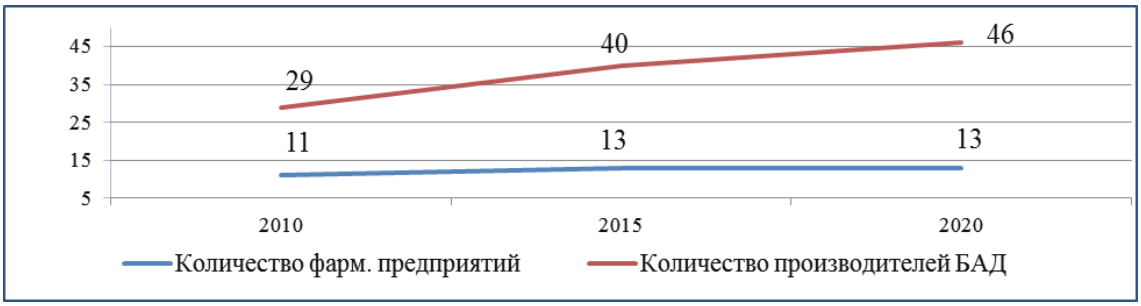


Рис. 1. Динамика изменения производителей фармпродукции и БАД в крае

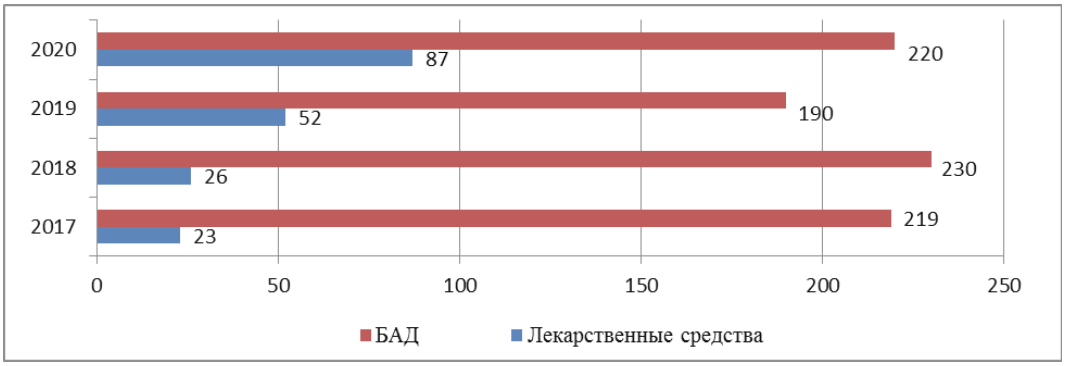


Рис. 2. Динамика изменения регистрации лекарственных средств и БАД в крае

Динамика зарегистрированных лекарственных средств имеет стабильный рост [4, 5], который к 2021 г. составил 378% относительно данных 2017 г., при этом регистрация БАД имеет несущественные отклонения (+0,5%) (рис. 2)

В Алтайском крае лекарственные средства изготавливаются в виде лекарственных препаратов (готовые лекарственные формы: таблетки, драже, капсулы, аэрозоли, мази, линименты, суппозитории, настойки, сиропы, газы медицинские сжатые и сжиженные) и фармацевтических субстанций.

Положительные изменения, на наш взгляд, обусловлены в том числе и тем, что с 2018 г. в Алтайском крае с использованием принципов проектного подхода была создана модель проектного офиса, которая обеспечила кооперацию науки, бизнеса и власти. Это позволило выделить приоритетное и перспективное для нашего региона направление развития биотехнологии в сферах: «пищевые биотехнологии», «агробиотехнологии», «биофармацевтика», «лесные биотехнологии», «промышленные биотехнологии», «биоэнергетика» [6, 7].

С 2018 г. гранты губернатора Алтайского края, направленные на разработку качественно новых технологий, создание инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий, были предоставлены вузам нашего региона на реализацию 27 проектов. Более 30 млн рублей было направлено на выполнение научно-исследовательских работ, при этом 21,0 млн рублей — это грантовая поддержка, предоставленная из средств краевого бюджета, 6 млн рублей — средства индустриальных партнеров (алтайского бизнеса) и 3,3 млн рублей — вложения профильных научных учреждений и вузов [8].

В крае имеется серьезная научно-исследовательская база. В Алтайском государственном университете за последние годы сформирован научно-образовательный комплекс «Живые системы», в состав которого входят: Алтайский центр прикладной биотехнологии, Лаборатория биоинженерии, НИИ Биологической медицины, Российско-Американский противораковый центр, Инжиниринговый центр «Промбиотех», Южно-Сибирский ботанический сад. Соответственно вузом ведутся научные разработки по всем приоритетным направлениям развития биотехнологий и успешно реализуются проекты с бизнес-партнерами. Направления развития проектов АГУ по созданию иммунодиагностических и иммунотерапевтических инструментов на основе методов комбинаторной биологии и молекулярно-генетическим маркерам; генотипированию пищевых, лекарственных растений и сельскохозяйственных культур позволяют совместно с индустриальными партнерами выводить на отечественный рынок новые пищевые продукты (БАДы).

В Алтайском государственном медицинском университете имеется 15 научно-исследовательских лабораторий, 18 научно-практических подразделений для научных исследований и внедрения разработок в медицинскую и фармацевтическую практику. В настоящее время реализуется более 130 научно-исследовательских проектов, в том числе направленных на разработку новых биотехнологий для профилактики и лечения болезней почек, язвенной болезни желудка и осложнений сахарного диабета. В частности, разработано и апробировано в доклинических условиях новое фармакологическое средство пептидной природы, показавшее выраженную терапевтическую активность при мочекаменной болезни, язвенной болезни желудка, диабетической нефропатии.

В Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова реализуются проекты по разработке инновационных пищевых продуктов общего и специализированного назначения на основе лучших доступных технологий комплексного использования молочного и крупяного сырья Алтайского края, совершенствуются технологии производства напитков на основе биостимуляторов растительного происхождения с использованием пробиотических микроорганизмов и создаются рецептуры для производства различных продуктов, напитков и полуфабрикатов для пищевых производств.

Бийский технологический институт разрабатывает функциональные продукты питания с использованием микроингредиентов с повышенным содержанием биологически активных веществ, полученных глубокой переработкой вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса [9].

Фундаментальные научные исследования в области биомедицины и биофармацевтике проводятся на базе Института проблем химико-энергетического комплекса Сибирского отделения Российской академии наук, связанные в том числе с технологией получения бактериальной наноцеллюлозы из лег-

ковозобновляемого целлюлозосодержащего сырья [10, 11]. Разработка ученых института — первый в мире анальгетик, не имеющий побочных эффектов «тиовюрцин», — успешно прошел трехлетние доклинические испытания и находится на очередных этапах клинических исследований.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что научный, производственный и ресурсный потенциал Алтайского края позволяет предлагать отечественным потребителям различные виды продукции с уникальными качественными характеристиками для оздоровления, лечения и реабилитации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Алтайского края до 2035 г.: закон Алтайского края от 06.09.2021 № 86-ЗС // СПС «КонсультантПлюс».

2. Поздняковский В. М. Гигиенические основы питания, безопасности и экспертиза пищевых продуктов. — Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. — 553 с.

3. Реестр лицензий на производство лекарственных средств 2010–2020 // Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. URL: https://minpromtorg.gov.ru/opendata/.

4. Реестр свидетельств о государственной регистрации (единая форма Таможенного союза, российская часть) 2017–2020 // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. URL: http://fp.crc.ru/evrazes/?type=list.

5. Единый реестр свидетельств о государственной регистрации 2017–2020 // Евразийская Экономическая Комиссия. URL: http://fp.crc.ru/evrazes/?type=list.

6. Об утверждении Положения о Совете по развитию биотехнологий при Губернаторе Алтайского края : Указ Губернатора Алтайского края от 24.11.2016 № 147 // СПС «КонсультантПлюс».

7. Об утверждении порядка предоставления грантов Губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий : Указ Губернатора Алтайского края от 30.04.2021 № 65 // СПС «КонсультантПлюс».

8. Информация о результатах отбора проектов на предоставление грантов для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий 2018–2020] // Управление Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям. URL: https://upp.alregn.ru/biotechnology/grantovaya-podderzhka/.

9. Алтайский край. Здоровый потенциал. Информационный буклет 2020 // Управление Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям. URL: https://upp.alregn.ru/biotechnology/altayskiy-kray-zdorovyy-potentsial/.

10. Скиба Е. А., Будаева В. В., Гладышева Е. К. и др. Основные технологические стадии получения бактериальной наноцеллюлозы из легковозобновляемого целлюлозосодержащего сырья с помощью симбиотической культуры Medusomyces gisevii SA-12 // Биотехнология: состояние и перспективы развития : мат-лы Междун. форума, 28–30 октября 2020, Москва. — М. : ООО «Экспо-Биохим-Технологии, 2020. — С. 290–291.

11. Будаева В. В., Скиба Е. А., Гладышева Е. К. и др. Инжиниринг стадии биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы с помощью Medusomyces gisevii SA-12 // Биотехнология: состояние и перспективы развития : мат-лы Междун. форума, 28–30 октября 2020, Москва. — М. : ООО «Экспо-Биохим-Технологии, 2020. — С. 272.

УДК 577.114

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

А. Е. Ситникова[1], Н. А. Шавыркина[1,2], В. В. Будаева[1]

[1] Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), г. Бийск, Россия

[2] Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, г. Бийск, Россия

В статье рассмотрены возможности применения пленок бактериальной целлюлозы с вариацией толщины, формы и размера в медицинской практике, полученных различными способами культивирования.

Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, Medusomyces gisevii Sa-12, применение в медицине

Во всем мире интерес к бактериальной целлюлозе (БЦ) не ослабевает, объясняется это ее свойствами, такими как трехмерная пористая структура с наноразмерными волокнами, высокая чистота и кристалличность, водоудерживающая способность, значительная механическая прочность и эластичность, высокая степень полимеризации, нерастворимость в большинстве растворителей, способность принимать заданную форму в процессе биосинтеза и превосходная биосовместимость [9, 11, 17]. Именно благодаря этим свойствам БЦ имеет широкий спектр применения от пищевой промышленности до медицины. БЦ может использоваться как компонент пищевых продуктов, так и как пищевой упаковочный материал [6, 7, 12]. Но больше всего БЦ востребована в медицине в качестве искусственной кожи и кровеносных сосудов, имплантатов in vivo, ранозаживляющих покрытий, гемостатических материалов, для заживления ожогов и в качестве сорбента для адресной доставки лекарств, белков и гормонов, а также в качестве подложки для сорбции и точечного использования стволовых клеток [1, 5, 8, 10, 13].

Целью данной работы являлось получение пленок бактериальной целлюлозы с заданными свойствами для применения в медицине в качестве гемостатической губки, протезирующего материала, обширного ранозаживляющего покрытия.

Общий процесс культивирования гель-пленок БЦ осуществлялся на полусинтетической питательной среде при температуре 27 ˚С в статических условиях двумя различными способами: периодическим и продленным. В качестве микробного продуцента использовалась симбиотическая культура *Medusomyces gisevii* Sa-12, полученная из Всероссийской национальной коллекции промышленных микроорганизмов (НЦ «Курчатовский институт», НИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов, Москва, Россия). Преимущества данного продуцента проявляются в толерантности к чужеродной микрофлоре и стабильности синтеза БЦ.

Стандартным культивированием является периодическое культивирование, когда в культуральный контейнер после инокуляции среды ничего не добавляется и не отбирается из него. При данном способе были получены пленки БЦ различной толщины: 1 мм, 4 мм, и 7 мм при варьировании продолжительности культивирования от 3 суток (толщина БЦ 1 мм) до 14 суток (толщина БЦ 7 мм). Полученные образцы были направлены в лабораторию патологии и фармакологии гемостаза НМИЦ гематологии Минздрава России. Было проведено исследование зависимости гемостатической активности губок, изготовленных из влажных образцов БЦ, от толщины образцов на экспериментальной модели животных: гемостатическая активность образцов толщиной 1 мм составила 25,6±3,6%, толщиной 4 мм — 47,8±6,7%, толщиной 7 мм — 89,1±6,9% при контроле 0,0±5,0% (марлевый тампон). Экспериментально установлена высокая гемостатическая активность локальных покрытий в форме губки, изготовленных на основе БЦ без химической модификации поверхности [2]. Механизм гемостаза немо-

дифицированной БЦ не изучен. Механизм гемостатического действия окисленной целлюлозы может быть основан на химических и физических аспектах [14, 18]. В химическом аспекте присутствие карбоксильных групп на окисленной целлюлозе может снизить pH, что приведет к неспецифической агрегации тромбоцитов и, как следствие, к образованию искусственного сгустка. При физическом аспекте при нанесении на активный участок кровотечения БЦ мгновенно извлекает жидкость из крови и захватывает белки, тромбоциты, эритроциты и другие активные компоненты за счет своей структуры. В результате концентрация факторов свертывания крови увеличивается и процесс свертывания крови ускоряется. Можно предположить, что механизм гемостатического действия неокисленной целлюлозы включает в себя только физические аспекты.

Получение пленок БЦ для абдоминальной хирургии было проведено способом продленного культивирования [3, 4, 15]. Данный способ увеличивает площадь поверхности БЦ в 5–11 раз на единицу объема питательной среды, повышая экономическую эффективность биосинтеза. Биосинтез проводился в трех сосудах, варианты которых различались геометрическими размерами и материалом. Момент времени для отбора гель-пленок БЦ определялся визуально в каждом варианте, конкретно съем производился при образовании тонкой, но плотной пленки БЦ. Полученные образцы БЦ (прозрачные гель-пленки с большой площадью поверхности) были исследованы на кафедре факультетской хирургии им. проф. И. И. Неймарка и госпитальной хирургии АГМУ Минздрава России (г. Барнаул) и в Алтайской краевой больнице в качестве возможности применения БЦ в абдоминальной хирургии (герниология, герметизация кишечного шва, хирургический гемостаз) по авторской методологии [19, 20]. Конгруэнтность тонких пленок БЦ гарантирует хорошее прилегание к внутренним органам. Их прозрачность значительно облегчает работу хирурга, позволяя наблюдать заживление тканей [15].

Получение пленок БЦ в качестве обширного ранозаживляющего покрытия было проведено продленным способом культивирования, в результате которого было получено три образца БЦ весом от 16,24 до 17,04 кг с одной питательной среды [16]. Объем культурального контейнера составлял 441 л, объем питательной среды 260 л. В данном исследовании были получены гель-пленки БЦ с площадью поверхности 29400 см^2 каждая. Исходя из литературных данных — это самый крупный по объему питательной среды культуральный сосуд в мировой практике. В результате чего были получены самые большие в мире гель-пленки БЦ длиной 210 см и шириной 140 см в количестве трех штук, в которые можно легко завернуть взрослого человека.

Пленки, полученные обоими способами культивирования, могут быть использованы для получения композитов с целью адресной доставки лекарственных веществ, в частности флавоноидов. При соответствии всех необходимых требований гель-пленки БЦ рассматриваются и в качестве основы для выращивания мезенхимальных клеток.

Исследования по получению БЦ проведены при использовании оборудования Бийского регионального центра коллективного пользования СО РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17–19–01054).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Громовых Т. И., Садыкова В. С., Луценко С. В. и др. Бактериальная целлюлоза, синтезируемая *Gluconacetobacter hansenii*, для использования в медицине // Прикладная биохимия и микробиология, 2017. — Т. 53. — № 1. — С. 69–75. DOI: 10.7868/S0555109917010093.

2. Кабак В. А., Белозерская Г. Г., Момот А. П. и др. Разработка и сравнительная оценка локальных гемостатических покрытий на основе природных полимеров в эксперименте на животных // Клиническая физиология кровообращения, 2009. — Т. 16. — № 1. — С. 67–75.

3. Ситникова А. Е., Шавыркина Н. А., Будаева В. В. и др. Физико-механические свойства бактериальной наноцеллюлозы, полученной продленным культивированием // Южно-Сибирский научный вестник, 2021. — № 2. — С. 132–138. DOI: 10.25699/SSSB. 2021.36.2.014.

4. Ситникова А. Е., Корчагина А. А., Шавыркина Н. А., Гладышева Е. К., Бычин Н. В. Тонкие гель-пленки бактериальной наноцеллюлозы для использования в абдоминальной хирургии // От биопро-

дуктов к биоэкономике : мат-лы III межрегион. научн.-практич. конф. (с междун. участием), Барнаул, 07–08 ноября 2019 г. / под ред. А. Н. Лукьянова. Барнаул : Алт. гос. ун-т, 2019. — С. 266–269.

5. Aboelnaga A., Elmasry M. et al. Microbial cellulose dressing compared with silver sulphadiazine for the treatment of partial thickness burns: A prospective, randomised, clinical trial // Burns., 2018. — Vol. 44. — № 8. — P. 1982–1988.

6. Abral H., Pratama A. B et al. Antimicrobial Edible Film Prepared from Bacterial Cellulose Nanofibers/ Starch/Chitosan for a Food Packaging Alternative // International Journal of Polymer Science, 2021. — Vol. 2021.

7. Azeredo H. M. C., Barud H., Farinas C. S., Vasconcellos V. M., Claro A. M. Bacterial cellulose as a raw material for food and food packaging applications. Front. Sustain. Food Syst., 2019. — № 7. — P. 3.

8. El-Hoseny S. M., Basmaji P., de Olyveira G. M., et al. Natural ECM-bacterial cellulose wound healing — Dubai Study // Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology, 2015. — Vol. 6. — № 04. — P. 237.

9. Gama M., Dourado F., Bielecki S. Bacterial Nanocellulose: From Biotechnology to Bio-Economy. Elsevier, 2016. — P. 260.

10. Gorgieva S., Trček J. Bacterial cellulose: Production, modification and perspectives in biomedical applications // Nanomaterials, 2019. — Vol. 9. — № 10. — P. 1352.

11. Liu K., Jeffrey M. C. Enhanced mechanical properties of bacterial cellulose nanocomposites produced by co-culturing *Gluconacetobacter hansenii* and Escherichia coli under static conditions // Carbohydrate Polymers, 2019. — Vol. 219. — P. 12–20.

12. Oliveira A. A. N., Mesquita E. F. M., Furtado A. A. L. Use of bacterial cellulose as a fat replacer in emulsified meat products // Food Science and Technology, 2021.

13. Picheth G. F., Pirich C. L., Sierakowski M. R. et al. Bacterial cellulose in biomedical applications: A review // International Journal of Biological Macromolecules, 2017. — Vol. 104. — P. 97–106.

14. Queirós E. C., Pinheiro S. P., Pereira J. E., Prada J., Pires I., Dourado F., Parpot P., Gama, M.. Hemostatic Dressings Made of Oxidized Bacterial Nanocellulose Membranes // Polysaccharides, 2021. — Vol. 2. — № 1. — P. 80–99.

15. Skiba E. A., Shavyrkina N. A., Budaeva V. V. et al. Biosynthesis of Bacterial Cellulose by Extended Cultivation with Multiple Removal of BC Pellicles. Polymers, 2021. — № 13. — P. 2118. URL: https://doi.org/10.3390/polym13132118.

16. Shavyrkina N. A., Budaeva V. V. et al. Scale-up of biosynthesis process of bacterial nanocellulose. Polymers, 2021. — Vol. 13. — № 12. — P. 1920.

17. Torgbo S. Bacterial cellulose-based scaffold materials for bone tissue engineering/ S. Torgbo, P. Sukyai // Applied materials today, 2018. — Vol. 11. — P. 34–49.

18. Zhang S., Li J., Chen S., Zhang X., Ma J., He J. Oxidized cellulose-based hemostatic materials // Carbohydrate polymers, 2020. — Vol. 230. — P. 115585.

19. Zharikov A. N., Lubyansky V. G., Gladysheva E. K. et al. Early morphological changes in tissues when replacing ab-dominal wall defects by bacterial nanocellulose in experimental trials // Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 2018. — P. 95.

20. Zharikov A. N., Lubyansky V. G., Gladysheva E. K. et al. Prosthetic hernioplasty using bacterial nanocellulose: An experi-mental study // Clinical and Experimental Surgery, 2018. — P. 59–66.

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.872

ПОВЫШЕНИЕ УДОБРИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ СОЛОМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ

Н. А. Бондаренко

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В результате полевых опытов установлено, что солома зерновых культур при возделывании кукурузы на силос как отдельно, так и совместно с биопрепаратами положительно влияла на реакцию среды, на накопление влаги в почве и на улучшение питательного режима почвы. В критический период роста кукурузы применение номерных препаратов значительно повышало азотный режим, а биопрепарат ПД-2 также способствовал накоплению калия и фосфора. Все эти показатели способствовали повышению урожайности кукурузы на силос на 9,7–19,5% по фону 3 т/га соломы и на 14,3–22,7% по фону 4 т/га. Прибавки на вариантах применения соломы совместно с биопрепаратами относительно абсолютного контроля варьировали в пределах 2,5–5,7 т/га, а по отношению к варианту с необработанной соломой 0,9–2,4 т/га.

Ключевые слова: солома, биопрепараты, элементы питания, кукуруза на силос, урожайность

Введение. Важной проблемой сельского хозяйства является воспроизводство и поддержание плодородия почв. Самый распространенный прием повышения плодородия — это внесение органических удобрений, но в последние годы происходит сокращение применения органических удобрений в сельскохозяйственном производстве в связи с недостаточным объемом их производства и высокой энергозатратностью [1].

В настоящее время использование соломы зерновых культур в качестве органического удобрения способно решить данную проблему, так как является наиболее существенным по объему, ежегодно полностью возобновляемым ресурсом органического вещества и питательных элементов. Возвращение растительных остатков в почву является наиболее экономичным и безопасным в плане экологии способом воспроизводства плодородия [2, 3].

В Алтайском крае ежегодно накапливается 2–3 и более млн т соломы зерновых культур, которые можно использовать для удобрения последующих культур [4].

Солома является активным энергетическим материалом для образования гумуса почвы и повышения микробиологической активности почвы, что определяется содержанием в ней органических соединений — 80–86%, представленных моно- и полисахаридами, декстринами, белками, лигнином и др. [5].

Предотвращения негативного влияния соломы и усиления ее положительного действия в качестве удобрения можно обеспечить улучшением условий ее скорейшего разложения и наиболее полной трансформации биомассы соломы. Решение данной задачи возможно при использовании микробиологических препаратов, содержащих эффективные штаммы микроорганизмов, позволяющих регулировать состав и численность микробного комплекса и ускорять разложение соломы.

Впервые для условий умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края были получены экспериментальные данные по агроэкологической эффективности новых микробиологических препа-

ратов, предназначенных для ускорения разложения и улучшения свойств почвы в первый год внесения соломы.

В связи с этим целью работы явилось изучение эффективности внесения разных доз соломы при обработке ее биопрепаратами на улучшение питательного режима почвы.

Методика исследования. Полевые опыты были заложены в 2019 и 2020 гг. на опытном поле «Учхоза „Пригородное"» в производственном посеве кукурузы на силос. Почвы на опытном участке представлены черноземом выщелоченным среднемощным среднегумусным среднесуглинистым с pH*c*-5,9, содержанием гумуса 4,6 %, повышенной обеспеченностью подвижным фосфором — 120 мг/кг, и обменным калием — 90 мг/кг, и низкой обеспеченностью нитратным азотом — 12,5 мг/кг почвы [6].

Опыты закладывали по двум фонам соломы 3 и 4 т/га. В 2019 г. по схеме:

1) абсолютный контроль (без соломы);
2) контроль (солома без удобрений);
3) солома + ПД-4 — 2 л/га;
4) солома + ПД-2 — 2 л/га;
5) солома + Стернифаг — 80 г/га;
6) солома + Биокомпозит коррект — 2 л/га.

В 2020 г. в схеме опыта были использованы препараты, показавшие наибольшую эффективность в прошлом году: Биокомпозит коррект, 2 л/га; Стернифаг, 80 г/га, и ПД-2, 2 л/га.

Солома согласно рекомендуемым дозам обрабатывалась биопрепаратами и распределялась согласно схемам опыта вручную и заделывалась под перепашку. Для суждения об удобрительных свойствах соломы на питательный режим в основные фазы роста кукурузы отбирали почвенные и растительные образцы [7].

В почве определяли: влажность почвы (слой 0–20 см) (ГОСТ 28268–89); pH водной и солевой вытяжки (ГОСТ 26483–85); содержание нитратного азота в почве (ГОСТ 26951–86); обменный аммоний в почве (ГОСТ 26489–85); подвижный фосфор и обменный калий по Чирикову (ГОСТ 26205–91).

Обсуждение результатов. Изменение обеспеченности почвы подвижными питательными веществами связано, с одной стороны, освобождением их из соломы при минерализации, а с другой — потреблением растениями и выносом с урожаем сельскохозяйственных культур.

В таблице 1 приведены результаты содержания подвижных питательных веществ в почве за 2019 г.

В фазу 4–6 листьев уровень нитратного азота значительно преобладал по фону соломы 3 т/га и варьировал в пределах 12,2–55,1 мг/кг, при 5,6–20,1 на фоне 4 т/га. Содержание аммонийного азота, наоборот, более высоким было по фону 4 т/га соломы. Сумма минеральных форм азота по фону соломы 3 т/га превышала значения по фону 4 т соломы. По содержанию подвижного фосфора четкой закономерности не установлено, кроме некоторого преобладания P_2O_5 по фону 3 т/га соломы. Максимальное значение отмечено на варианте с применением ПД-2. По обменному калию более высокое его содержание наблюдалось по фону 4 т/га соломы, особенно на варианте с применением Биокомпозит коррект — 122,0 мг/кг, против 73,5 на абсолютном контроле.

В период уборки содержание $N\text{-}NO_3$ отличалось по вариантам применения препаратов. При внесении одной соломы его уровень был близок к абсолютному контролю, а при обработке препаратами ПД-2, Стернифаг и Биокомпозит коррект по обоим фонам соломы оно увеличилось до 28,26–55,8 мг/кг.

В период уборки содержание N-NO*3* отличалось по вариантам применения препаратов. При внесении одной соломы его уровень был близок к абсолютному контролю, а при обработке препаратами ПД-2, Стернифаг и Биокомпозит коррект по обоим фонам соломы оно увеличилось до 28,26–55,8 мг/кг. Наиболее существенное действие на нитрификацию оказали препараты ПД-2, Стернифаг и Биокомпозит коррект. Содержание $N\text{-}NH_4$ находилось по обоим фонам соломы в пределах 6,2–6,6 мг/кг при 5,2 мг/кг — на абсолютном контроле и 4,6–4,7 мг/кг по одной соломе. Более заметное действие на эту форму азота оказали препараты ПД-2 и Стернифаг, а по 4 т/га проявилось действие препарата ПД-4. На абсолютном контроле общая сумма азота составляла 9,8 мг/кг, по вариантам с одной соломой — 8,95–11,0 мг/кг. По вариантам с биопрепаратами по обоим фонам соломы обеспечен-

ность азотом характеризовалась по препарату ПД-2 — как средняя и по Стернифагу и Биокомпозит коррект — как высокая, так как составляла >40 мг/кг почвы.

Таблица 1

Содержание питательных веществ в почве (слой 0–20 см) за 2019 г.

Варианты	Σ NO_3+NH_4		NO_3		NH_4		P_2O_5		K_2O	
	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га
Фаза 4–6 листьев										
Абсолютный контроль	21,94		14,64		7,3		146		73,5	
Контроль	65,2	30,9	55,1	16,7	10,1	14,2	124	96	98,8	84,0
ПД-4	48,3	35,8	38,7	20,1	9,6	15,7	143	140	87,5	93,2
ПД-2	51,7	22,0	36,6	5,6	15,1	16,4	160	122	89,9	84,8
Стернифаг	20,5	18,3	12,2	9,9	8,3	8,4	140	175	82,3	109,0
Биокомпозит коррект	36,4	44,7	27,4	17,4	9,0	27,3	140	122	105,0	122,0
Период уборки										
Абсолютный контроль	9,8		4,6		5,2		190		98	
Контроль	11,0	8,95	7,01	4,25	4,6	4,7	207	184	107	138
ПД-4	12,14	16,59	5,94	7,99	6,2	8,6	170	188	88	114
ПД-2	34,06	49,8	28,26	43,28	5,8	6,0	200	190	114	121
Стернифаг	64,3	58,7	55,6	54,0	8,7	4,7	207	202	133	108
Биокомпозит коррект	59,6	55,0	55,6	47,9	4,0	7,1	220	235	90	139

В таблице 2 приведены результаты содержания подвижных питательных веществ в почве за 2020 г.

Уровень содержания N-NO_3 был значительно выше в 1-й срок и варьировал в пределах 9,0–38,4 мг/кг при 26,7 на контроле. Наиболее значительное его количество было на варианте 4 т/га соломы, обработанной ПД-2, — 38,4 мг/кг и одной соломы в дозе 4 т/га — 22,6 мг/кг и наименьшее получено на 3 т/га соломы, обработанной Биокомпозит коррект, Стернифагом по обоим фонам. Количество N-NH_4 находилось в пределах 4,0–19,6 мг/кг при 14,9 на контроле и было довольно близким по вариантам.

Таблица 2

Содержание питательных веществ в почве (слой 0–20 см) за 2020 г.

Варианты	Σ NO_3+NH_4		NO_3		NH_4		P_2O_5		K_2O	
	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га
Фаза 4–6 листьев										
Абсолютный контроль	41,6		26,7		14,9		202		157	
Контроль	36,5	39,8	19,7	22,6	16,8	17,2	170	172	138	165
Биокомпозит коррект	24,3	31,2	9,9	14,9	14,4	16,3	222	200	162	141
Стернифаг	28,6	25,6	9,0	10,5	19,6	15,1	187	195	155	216
ПД-2	31,5	53,2	17,5	38,4	14,0	14,8	177	218	272	265
Период уборки										
Абсолютный контроль	10,0		3,7		6,3		160		74	
Контроль	14,3	15,0	7,6	6,9	6,7	8,1	168	163	88	89
Биокомпозит коррект	10,5	11,3	4,6	5,4	5,9	5,9	178	168	118	113
Стернифаг	13,2	10,2	4,1	4,1	9,1	6,1	185	166	123	127
ПД-2	10,6	18,8	4,3	9,9	6,3	8,9	175	168	127	125

Сумма минерального азота составляла 24,3–53,2 мг/кг при наибольших значениях по тем же вариантам, что и по $N\text{-}NO_3$. Согласно принятой классификации обеспеченности минеральным азотом она по всем вариантам за исключением контроля и 4 т/га соломы, обработанной ПД-2, была средней, а этим 2-м вариантам — высокой и вариант внесения одной соломы в дозе 4 т/га был близок к высокому уровню обеспеченности (>40 мг/кг) — 39,8 мг/кг. Содержание фосфатов соответствовало по всем вариантам — высокой, а по 3 т/га соломы, обработанной Биокомпозит коррект, и 4 т/га, обработанной ПД-2, — очень высокой обеспеченности. Уровень обменного калия был также в основном высоким, а по 4 т/га соломы, обработанной Стернифагом и ПД-2, а также 3 т/га, обработанной ПД-2, — очень высоким.

К уборке содержание обеих форм азота заметно снизилось. Количественно эти формы были близкими и находились по $N\text{-}NO_3$ в пределах 3,7–9,9 мг/кг при 3,7 на контроле, а по $N\text{-}NH_4$ в пределах 5,9–9,1 мг/кг при 6,3 на контроле. Такое снижение обусловлено потреблением азота из почвы и изменением активности процессов нитрификации и аммонификации, связанной прежде всего с дефицитом влаги. По сумме минерального азота в почве она соответствовала низкой обеспеченности азотом (10–20 мг/кг), так как находилась по вариантам в пределах 10,0–18,8 мг/кг. Сравнительно больше азота было по дозе соломы 4 т/га, обработанной ПД-2, — 18,8 мг/кг и одной соломе в обоих дозах — 14,3–15 мг/кг. Содержание подвижного фосфора выровнялось по вариантам и находилось в пределах 163–185 мг/кг, характеризуя высокую обеспеченность почвы фосфором, определенной закономерности действия вариантов не прослеживается. Содержание обменного калия к уборке снизилось до 83–127 мг/кг при 74 мг/кг — на контроле. Существенное снижение произошло по вариантам с использованием на обоих фонах соломы препарата ПД-2.

В 2019 и 2020 гг. при внесении соломы по сравнению с абсолютным контролем произошел сдвиг реакции в сторону нейтральной, а обработка соломы препаратами эту тенденцию не нарушала. Внесение соломы способствовало удержанию влаги в почве, что увеличивало влажность почвы по отношению к абсолютному контролю.

Оценивая средние показатели питательных веществ в почве за два года, можно отметить, что в первый срок применение номерных препаратов значительно увеличивало азотный режим, а ПД-2 также способствовало накоплению калия и фосфора. К периоду уборки содержание питательных веществ снижалось, так как это связано с их потреблением растениями для формирования большего урожая.

В таблице 3 представлены результаты по структуре урожая зеленой массы кукурузы по вариантам опыта, подтверждающие влияние более высокой обеспеченности почвы питательными веществами при использовании биопрепаратов.

Таблица 3

Структура урожая и урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за 2 года, т/га

Варианты	Густота, шт./п. м.		Длина, см		Урожайность, т/га		Прибавка, т/га	
	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га	3 т/га	4 т/га
Абсолютный контроль	4,35		201,5		25,1		—	—
Контроль	4,95	4,5	208,5	205,5	27,6	28,7	2,5 —	3,6 —
Солома + ПД-4	4,6	4,8	201	209	28,5	29,9	3,4 0,9	4,8 1,2
Солома + ПД-2	4,6	5,15	206	214	29,6	30,8	4,5 2,0	5,7 2,1
Солома + Стернифаг	4,45	5,05	211	211,5	30,0	30,8	4,9 2,4	5,7 2,1
Солома + Биокомпозит коррект	4,85	5,0	214	212,5	29,6	30,6	4,5 2,0	5,5 1,9
$НСР_{05,\ т/га}$					1,13	1,37		

Исходя из данных таблицы, по вариантам с соломой сформировалась более высокая урожайность зеленой массы: по фону 3 т/га соломы она увеличилась по сравнению с абсолютным контролем с 25,1 т/га до 27,6 т/га по одной соломе и 28,5–30,0 по обработанной соломе. Как видно из сказанного, по всем препаратам был получен близкий результат: прибавки составили 3,4–4,9 т/га с большей эффективностью по вариантам со Стернифаг, Биокомпозит коррект и ПД-2. Применение препаратов обеспечило по сравнению с чистой соломой прибавки 0,9–2,4 т/га.

По фону 4 т/га соломы по всем вариантам, включая одну солому, величина урожайности получена в пределах 28,7–30,8 т/га, прибавки составили 4,8–5,7 т/га. По данному фону отмечалась разница в действии препаратов: более эффективное влияние проявилось у препаратов Стернифаг и ПД-2. По сравнению с одной соломой прирост урожайности составил 1,2–2,1 т/га.

Формирование более высокой урожайности по отмеченным вариантам обусловлено содержанием питательных веществ в почве и уровнем их потребления растениями.

Таким образом, при изучении влияния биопрепаратов на удобрительные свойства соломы можно отметить положительное действие на питательный режим почвы. В критический период роста кукурузы применение номерных препаратов значительно повышало азотный режим, а биопрепарат ПД-2 также способствовал накоплению калия и фосфора. Увеличение содержания питательных веществ в почве способствовало формированию более высокой урожайности. Она увеличилась с 25,1 т/га на абсолютном контроле до 27,6–30,8 т/га на вариантах с применением одной соломы и совместным ее применении с биопрепаратами. Прибавки на вариантах применения соломы совместно с биопрепаратами относительно абсолютного контроля варьировали в пределах 2,5–5,7 т/га, а по отношению к варианту с необработанной соломой 0,9–2,4 т/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вислобокова Л. Н., Скорочкин Ю. П., Брюхова З. Я. Солома — важнейший прием использования органических удобрений // Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов : сб. докладов Координационного совещания по выполнению задания 02.04. — М. : Россельхозакадемия, 2012. — С. 24–27.

2. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Яшин А. Е. Повышение эффективности использования соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы // Вестник Ульяновской гос. сельскохозяйственной академии, 2016. — С. 20–24.

3. Наими О. И. Особенности использования соломы в качестве органического удобрения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2019. — № 9–1.

4. Шкарда М. Производство и применение органических удобрений. — М. : Агропромиздат, 1985. — 363 с.

5. Русакова И. В., Воробьев Н. И. Способ эффективного использования соломы в качестве удобрения с применением биопрепарата Баркон. — Владимир : ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемия, 2010. — 38 с.

6. Антонова О. И., Бондаренко Н. А. Эффективность действия разных доз соломы на урожайность и показатели качества зеленой массы кукурузы // От биопродуктов к биоэкономике : мат-лы III межрег. научн.-практич. конф. (с междунар. участием) / под ред. А. Н. Лукьянова. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2019. — С. 7–11.

7. Бондаренко Н. А., Антонова О. И. Сравнительная эффективность действия соломы и биопрепаратов на урожайность и качество зеленой массы кукурузы // Аграрная наука — сельскому хозяйству: XVI Междунар. научн.-практич. конф. : сб. материалов : в 2 кн. — Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2021. — Кн. 1. — С. 131–133.

УДК: 631.862

БИОЛОГИЧЕСКИЙ СТИМУЛЯТОР ДЛЯ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

В. А. Коробов[1], К. В. Жучаев[2], О. Н. Сороколетов[2], Э. А. Карташова[1]

[1] Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

[2] Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

Одной из серьезных экологических проблем животноводства является утилизация стоков. Однако животноводческие стоки могут являться ценным сырьем для получения биологических стимуляторов для растений. Проведенные в полевых опытах на картофеле, озимой пшенице и сое исследования показали, что предпосевная обработка клубней картофеля препаратом на основе свиноводческого стока повышала урожайность на 53,4%, обработка семян озимой пшеницы — на 15,9%, а опрыскивание препаратом растений сои обеспечивало прибавку урожая на 30,0%. При этом препарат существенно снижал пораженность растений картофеля и семян пшеницы и сои фитопатогенными грибами.

Ключевые слова: животноводческий сток, стимулятор роста, урожайность, фунгицидная активность

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур наряду с использованием минеральных удобрений и средств защиты растений большое значение имеет и применение регуляторов роста растений. В 2018 г. мировой рынок регуляторов роста растений оценивался в 5289 млн долларов, и на ближайшие годы его среднегодовые темпы роста, по прогнозу, составят 8,5% [1]. Такой повышенный интерес к регуляторам роста растений объясняется разносторонним спектром их действия. Так, некоторые препараты повышают устойчивость растений к болезням, что позволяет при совместном применении с ними фунгицидов снизить нормы внесения последних на 25–30% [2]. Особенный интерес представляют продукты природного происхождения [3]. Среди них перспективными могут быть животноводческие стоки. В России ежегодно образуется 1,5 млрд т стоков, большая часть которых из-за отсутствия рациональных технологий не перерабатывается.

Целью нашего исследования являлось изучение эффективности применения фульвовых кислот, полученных из животноводческих стоков, для стимулирования роста растений. Для этого использовали свиноводческий сток, обработанный концентрированной азотной кислотой. При обработке стока кислотой находящиеся в нем гуминовые кислоты выпадают в осадок, а фульвовые остаются в растворе [4]. Обработанный сток отфильтровывали и использовали для предпосевной обработки семян и опрыскивания растений по вегетации. Испытания проводили в полевых опытах в 2018–2020 гг. на картофеле, сое и озимой пшенице в условиях Белгородской области. Площадь делянок в опыте с картофелем 5 кв. м, с соей — 10 га, озимой пшеницей — 25 га. Повторность опыта на картофеле 4-кратная, на сое и озимой пшенице — однократная. Клубни картофеля и семена озимой пшеницы обрабатывали препаратом с нормой расхода 50 мл/т. На сое препарат применяли по вегетации в фазу ветвления с нормой расхода 1 л/га. В опытах с соей и озимой пшеницей учитывали биологическую урожайность отбором проб растений с площадок 50×50 см в 5 точках на каждом варианте, в опыте с картофелем — с площади делянок. Помимо этого проводили учеты пораженности семян и растений болезнями по общепринятым в фитопатологии методикам. Полученные данные обрабатывали дисперсионным анализом по программе SNEDECOR [5].

Эффективность препарата на основе стока на картофеле изучалась на сорте Невский методом предпосевной обработки клубней при норме расхода 2,5 мл на 1 л воды. Учеты урожайности картофеля показали, что применение препарата стимулировало рост растений, высота которых увеличилась с 46,7 в контроле до 55,9 см на варианте со стоком. На этом же варианте было отмечено и увеличение количества стеблей в кусте по отношению к контролю на 43,1%. Вследствие этого количество

клубней в 1 кусте на варианте с препаратом на основе стока было на 30,0%, а средняя масса клубней — в 2 раза больше, чем в контроле. Прибавка урожая составила 53,4% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние обработок клубней на урожайность картофеля с. Невский в полевом опыте, 2018 г.

Вариант	Количество клубней на 1 куст	Масса 1 клубня, г	Урожайность, кт/м^2	Прибавка урожая,%
Контроль	10	27,2	0,88	0
Препарат на основе стока	13**	54,4**	1,35**	53,4
$НСР_{05}$	1,3	15,0	0,1	—

Примечание: ** — разница с контролем достоверна при P≥0,95.

На варианте, где высаживались обработанные препаратом на основе стока клубни, растения картофеля в 3 раза меньше, чем в контроле, заражались фитофторозом (возбудитель *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.). При этом развитие болезни на растениях снижалось в 6,3 раза (табл. 2). В контроле 100,0% растений картофеля были поражены альтернариозом (возбудитель *Alternaria solani* Sorauer.) при уровне развития болезни 62,0%. На варианте же с препаратом болезнь практически отсутствовала.

Таблица 2

Влияние обработки клубней картофеля препаратом на основе стока на пораженность растений болезнями

Вариант	Фитофтороз		Альтернариоз	
	распространенность,%	развитие,%	распространенность,%	развитие,%
Контроль	82,5	44,0	100	62,0
Препарат на основе стока	27,5**	7,0**	0**	0**
$НСР_{05}$	11,1	5,7	8,6	6,2

Примечание: ** — разница с контролем достоверна при P≥0,95.

На сое препарат на основе стока вносился в баковой смеси с минеральным удобрением Карбамид и инсектицидом Кинмикс. В контрольном варианте применяли только удобрение и инсектицид. Учеты урожайности показали, что опрыскивание растений препаратом повысило урожайность сои на 0,9 т/га, или на 30,0% (табл. 3).

Препарат также положительно повлиял на фитосанитарное состояние семян. Так, под влиянием препарата зараженность семян нового урожая аскохитозом (возбудитель *Ascochyta sojaecola* Abramov) снизился с 17,5% в контроле до 5,0% на обработанном препаратом варианте, или в 3,5 раза (рис.).

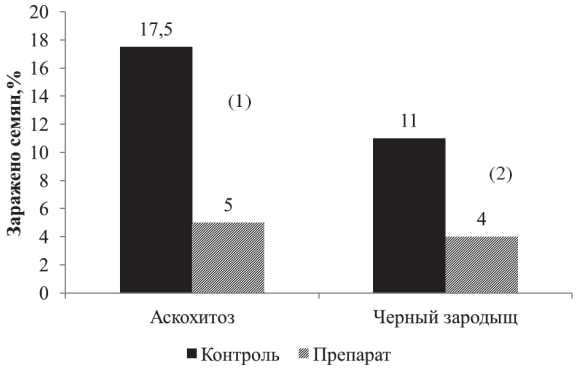
Таблица 3

Влияние свиноводческого стока на продуктивность сои и озимой пшеницы в полевых опытах

Вариант	Соя (2018 г.)		Озимая пшеница (2019 г.)	
	т/га	прибавка урожая,%	т/га	прибавка урожая,%
Контроль	3,0	0	6,1	0
Сток	3,9**	30,0	7,0**	15,9
$НСР_{05}$	0,4	—	0,1	—

Примечание: ** — разница с контролем достоверна при P≥0,95.

В меньшей степени, но так же положительно сказалась на урожайности предпосевная обработка семян озимой пшеницы препаратом на основе стока. Прибавка урожая от препарата в опыте составила 0,5 т/га, или 7,8% (табл. 3).



Влияние препарата на основе свиноводческого стока на зараженность семян нового урожая сои (1) и озимой пшеницы (2) болезнями

Предпосевная обработка семян также привела к снижению зараженности семян «черным зародышем» (возбудители грибы родов *Alternaria* и *Bipolaris*) с 11,0% в контроле до 4,0% на варианте, где семена обрабатывались препаратом, или в 2,8 раза (см. рис.).

Стимулирующее действие препарата на основе свиноводческого стока на продуктивность сельскохозяйственных культур и его фунгицидные свойства объясняются присутствием фульвововых кислот, которые являются наиболее активной частью гуматов и обладают полифункциональным действием на растения. Хорошо известно, что фульвовые кислоты способны растворять минеральные вещества, которые легко усваиваются растениями. Кроме того, фульвовые кислоты легко приникают через мембраны клеток и способствуют всасыванию питательных веществ [5]. Фульвовые кислоты, являясь мощным антиоксидантом, сами по себе могут при нанесении на растения стимулировать их рост и значительно повышать продуктивность [6]. В меньшей степени изучены фунгицидные свойства фульвовых кислот. Известно, что фульвовые кислоты могут проявлять фунгицидную активность в отношении фитопатогенов из различных таксономических групп in vitro. При этом фунгицидную активность фульвовых кислот частично можно объяснить присутствием в них серы [7]. Также имеются сведения, что фульвовые кислоты обладают иммуномодулирующими свойствами [8].

Таким образом, наши исследования, проведенные в полевых условиях на различных сельскохозяйственных культурах, показывают перспективность использования животноводческих стоков для получения эффективного стимулятора роста растений, обладающего фунгицидными свойствами. При этом решается проблема экологически безопасной их утилизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Plant growth regulation market — growth, trends, Covid-19 impact, and forecasts (2021–2026). URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-plant-growth-regulators-market-industry.

2. Пучков М. Ю., Абделькадер М. М. Изучение влияния регуляторов роста на овощных культурах // Естественные науки, 2017. — № 1 (58). — С. 13–21.

3. Зайцева Н. В. Влияние регуляторов роста природного происхождения на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных растений в неблагоприятных условиях возделывания : автореф. дисс… канд. сельскохоз. наук. — Благовещенск, 2000. — 19 с.

4. Ермагамбет Б. Т., Нургалиев Н. У., Сыздыкова А. А. Перспективы применения гуминовых веществ и их получение из окисленного бурого угля // Наука, техника и образование, 2019. — № 2. — С. 20–25.

5. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. — Новосибирск, 2012. — 282 с.

6. Hye Y. S., Kil S. Y., Sang G. Su. Effect of foliar application of fulvic acid on plantgrowth and fruit quality of tomato // Horticulture, Environment, and Biotechnology. — 2014. — Vol. 55. — P. 455–461.

7. Чилачава К. Б., Песцов Г. В., Глазунова А. В. Изучение фунгицидных свойств фульвовых кислот // Аграрная наука, 2019. — № 52. — С. 172–174.

8. Бендерский Н. С., Куделина О. М., Ганцгорн Е. В. и др. Фульвовая кислота — биологически активная добавка или лекарство? // Кубанский научный медицинский вестник, 2020. — Т. 27. — № 3.

УДК 631.53.04

БИНАРНЫЕ ПОСЕВЫ ЛЬНА С ЧЕЧЕВИЦЕЙ КАК БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЕМ СОХРАНЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ В СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ NO–TILL

А. Е. Кудрявцев[1], В. С. Курсакова[1], Л. А. Ступина[1], В. А. Васильцов[2]

[1] Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

[2] КФХ «Васильцов В. А.», с. Малые Бутырки, Россия

Установлено, что управлять процессами питания, защиты растений с помощью бинарных посевов вполне реальный, адекватный подход. В процессе исследования получен многокомпонентный набор данных, позволяющий сделать выводы о бинарных посевах льна с чечевицей в различных весовых соотношениях. Стоит отметить, что наиболее эффективной была комбинация посева льна 30 кг/га + чечевица 20 кг/га, проведенные исследования позволяют дать положительную оценку такому бинарному сочетанию в системе земледелия no-till. Предложены варианты разработки общих правил составления бинарных посевов в no-till системе земледелия, которые подтверждены практическими наблюдениями. Основные положения должны учитывать физиологическую, морфологическую совместимость растений, климатические, геоморфологические, почвенные, гидрологические условия возделывания, обеспеченность почв элементами минерального питания, компонентным составом микрофлоры, толерантность к химическим средствам защиты растений, время наступления уборочной спелости.

Ключевые слова: бинарные посевы, no-till, лен, чечевица, плодородие, агропочвы, биопродуктивность

В современном понимании биотехнологические приемы в земледелии — это совокупность методов, которые направлены на повышение эффективности почвенных процессов, где используются живые организмы и разноплановые биологические объекты. В растениеводстве перспективы развития биотехнологий в большинстве случаев рассматриваются наукой генетикой в тесном взаимодействии с микробиологией, физиологией растений, биохимией и т. д. Однако существует огромная ниша других направлений, позволяющих использовать биотехнологические приемы, получая конечный продукт в результате жизнедеятельности совместного выращивания двух и более культур. Этот давно известный прием позволил сформулировать основные принципы бинарных и смешанных посевов, которые направлены не только на повышение продуктивности почвенных ресурсов, но и сохранение и воспроизводство плодородия, при этом сокращая затраты и повышая прибыльность [1, 2, 3, 4]. В бинарных посевах растения, взаимодействуя друг с другом, эффективнее используют природный потенциал, создавая благоприятные почвенные условия, азотфиксацию, микробиологическую активность, мобилизации труднодоступных форм элементов питания, улучшение структурно агрегатного состава, водных, воздушных, водно-физических свойств почвы и многое другое, что, к сожалению, пока еще мало изучено, но активизируется в земледелии. Как известно, создание оптимальных условий бинарного посева в первую очередь обусловлено физиологическими особенностями подобранных для этих целей культур [5, 6, 7].

Цель исследования — изучить эффективность бинарных посевов льна с чечевицей как биотехнологического приема сохранения и воспроизводства плодородия в системе земледелия no-till.

Объектом исследования являлся бинарный посев льна с чечевицей в системе земледелия no-till как инструмента управления биопродуктивностью с возможным его воздействием на почвенно-агрохимические, микробиологические, фитосанитарные аспекты агропочв, которые обусловливают экономику и перспективы развития сельхозпроизводителя. Эффективность бинарных посевов определяется не только научно обоснованным решением, антропогенной деятельностью землепользователя, но и природными условиями. Для характеристики природных условий использовали архивные ма-

териалы https://rp5. ru/Погода_в_Алтайский_край, ОАО «АлтайНИИГипрозем» 1989–2000 гг., ФГБУ ГСАС «Алейский». Основой всестороннего, достоверного изучения объекта исследований являлась закладка производственного полевого опыта, в котором рассматривались посевы чечевицы с нормой высева 40 кг/га в сравнении с вариантами бинарных посевов — лен 30 кг/га + чечевица 10 кг/га и лен 30 кг/га + чечевица 20 кг/га. Посев осуществляли в конце апреля сеялкой DMC, при посеве вносили минеральное удобрение нитроаммофоска (15–15–15–10) 50 кг ф. в., дважды проводили химическую обработку с внекорневой подкормкой, перед уборкой — десикацию. В течение вегетации проводили полевые исследования, позволяющие контролировать физиологическое развитие растений, используя инструментарий функциональной диагностики, а также отслеживать питательные, микробиологические процессы, происходящие в почве.

Оценку микробиологической деятельности проводили два раза за вегетацию в свежих образцах по показателям микробиологической активности почв. Кроме микробиологической активности, определили грибную микрофлору почвенных бактерий, таких как *Aspergillus, Candida*, *Penicillium* и *Paecilomyces* на среде Чапека. Результаты этого анализа позволяют оценить соотношение грибов и микроорганизмов. Понимая, что в симбиозе бобовых и масличных культур схема азотного питания является основополагающей, определяли такой показатель, как азотобактер. Для наглядного подтверждения микробиологической активности почвенных организмов было заложено льняное полотно на изучаемых симбиозах. Микробиологические исследования проводились в лаборатории кафедры плодоовощеводства, ботаники и биотехнологии растений.

Для оценки активизации питательного режима в симбиозе сопряженно с микробиологическими исследованиями три раза за вегетацию отбирались почвенные образцы, позволяющие установить агрохимические характеристики 16 элементов питания. Методы выполнения агрохимических анализов проводили в САС «Алейская» в соответствии с требованиями действующих ГОСТов и ОСТов 10 294–2002–10 297–2002.

Наряду с микробиологическими и агрохимическими исследованиями, оценивающими бинарные посевы, проводили функциональную диагностику растений. Растительные образцы отбирались сопряженно с почвенными образцами. Результаты исследований позволили констатировать недостаток или избыток 14 элементов питания растений [8]. Для оценки происходящих процессов, обусловленных деятельностью симбиозов, использовали ГИС платформы One Soil, которая позволяла фиксировать индексы вегетации, и NDVI. Одним из важных элементов, характеризующих объект, является система земледелия no-till, считаем ее наиболее удачной, поскольку она — мощный инструмент не только в повышении продуктивности, но и в сохранении и воспроизводстве плодородия [9, 10]. Использование бинарных посевов в этой системе земледелия должно усиливать ее положительный эффект и переводить продуктивность на более высокий уровень. Бытует мнение, что бинарные посевы могут создавать негативные условия для основной культуры, например, конкурировать за влагу и питание, а возможно, снижать доступ солнечной радиации и тем самым тормозить процессы фотосинтеза. Предотвратить эти «негативные» явления можно за счет оптимизации основной и сопутствующей культуры при посеве. Для разработки нормы высева бинарных посевов необходимо определиться с оптимизированной густотой и размещением растений на единице площади. Основой должно являться количество растений, которые не будут мешать в развитии друг другу. Для удобства разработали разные варианты высева культур, что позволяет быстро сориентироваться в конечном результате.

Исследования проводили в зоне черноземов засушливой и умеренно-засушливой колочной степи с географическими координатами, где отбирались образцы, № 52°50′12.80″; E81°37′23.70″. Почвенный покров поля на 60% представлен черноземом выщелоченным среднемощным среднегумусным среднесуглинистым слаборазвеянным, на 40% черноземом обыкновенным среднемощным среднегумусным среднесуглинистым слаборазвеянным. В геоморфологическом отношении поле расположено на увале с высотой над уровнем моря 220–234 м. Все технологические операции проводили согласно плану возделывания культур и корректировки его в соответствии с погодными условиями, результатами агрохимической и функциональной диагностики. Общеизвестно, что основу урожая любой культуры формирует продуктивная влага, на формирование 1 т урожая льна необходимо около 70–80 мм или чуть более, а чечевицы 60–70 мм. Определив продуктивную влагу, мы имели возможность

в данной природно-климатической зоне получать чуть более 3 т/га возделываемых культур. По результатам агрохимической диагностики установлено, что перед посевом потенциальная возможность по макроэлементам выглядела перспективно. Содержание в слое 0–40 см азота 246 кг/га, фосфора 456 кг/га позволяло получить урожайность биоценоза более 2 т/га, содержание калия 1854 кг/га, магния 96 кг/га, кальция 525 кг/га сопоставляется с урожайностью более 3 т/га. Наличие микроэлементов, таких как молибден, марганец, медь, цинк, было критичным и в течение вегетации не менялось, несмотря на то что были осуществлены две внекорневые подкормки. Впрочем, они и не могли оказать влияние на агрохимические показатели, наш расчет был на стимуляцию корневой системы и активизацию микрофлоры бинарного посева. Однако этого не произошло, содержание этих микроэлементов и планируемая урожайность на их фоне могла достигать не более 1 т/га. Таким образом, разное сочетание бинарных посевов в целом не повлияло на агрохимические показатели, т. е. не следует надеяться только на симбиоз возделываемых культур.

Для корректировки внекорневых подкормок проводили функциональную диагностику, используя приборную базу Аквадонис [8]. Результаты позволили констатировать, что в бинарных посевах льна с чечевицей в начале вегетации растения чечевицы испытывали недостаток азота более 50%. По-видимому, процессы нитрификации были заторможены и азот находился в недоступной для растения форме. Обращает на себя внимание недостаток магния около 40%, а также кобальта, йода и железа. По-видимому, сочетание льна и чечевицы обусловливает поведение этих элементов в хлоропластах исследуемой культуры. В конце вегетации растения испытывали недостаток кобальта около 20%. Таким образом, в процессе вегетации предложенный бинарный посев в большей степени испытывал дефицит магния и железа; внесение этих элементов позволит изменить физиологическое развитие растений.

Изучая микробиологические процессы, происходящие в агропочве с бинарными посевами льна и чечевицы, установили, что содержание микроорганизмов, развивающихся на мясо-пептонном агаре, неодинаково. Меньше всего микроорганизмов наблюдалось на варианте лен 30 кг + чечевица 10 кг, увеличение нормы высева чечевицы до 20 кг несколько увеличило количество микроорганизмов — до 14,42 против 12,9 млн/г почвы. А на варианте с посевом 30 кг чечевицы количество микроорганизмов было еще выше — 19,56 млн/г почвы. На среде КАА численность микроорганизмов по сравнению с МПА была большей в посевах чечевица+лен и в одновидовом посеве чечевицы — от 16,8 до 28,98 млн КОЕ/г почвы.

Минерализация органических остатков шла более активно, коэффициент минерализации (К) был выше 1 — от 1,25 до 1,58 в слое почвы 0–30 см. На целине К составил 0,74, а в верхнем слое 0–15 см — 1,22. Численность грибной микрофлоры *Penicillum* и *Fusarium, Aspergillus, Candida*, и *Paecilomyces* преобладает в верхнем слое почвы 0–15 см, поскольку они являются аэробами. На целине количество грибной микрофлоры в слое 0–30 см составило 20,2 тыс. КОЕ/г почвы, причем 71% находится в верхнем горизонте (0–15 см). Следует отметить, что целина не является идеальным местом развития грибной микрофлоры, гораздо лучше грибная микрофлора развивается на исследуемом бинарном посеве, что указывает на возможность активизации грибной микрофлоры.

Подсев чечевицы ко льну или ее чистый посев снижают численность грибов в почве, так как клубеньки на корнях бобовых растений содержат бактерии, вырабатывающие антибиотики фунгицидного действия. В одновидовом посеве чечевицы грибов отмечалось 15,91 тыс. КОЕ/г почвы. При подсеве ее ко льну численность грибов увеличивалась на 13,71–11,86 тыс./г почвы, причем меньшая норма высева чечевицы показала большее увеличение грибов в почвенном профиле — до 27,77 тыс./г почвы. Биогенность почвы отражает общую численность микроорганизмов и зависит от численности микробов на средах МПА, КАА и Чапека. При сравнении вариантов посева чечевицы отмечается, что посев ее со льном несколько снижает численность микробного населения с 48,52 до 33,41 млн КОЕ/г почвы.

Азотобактер очень чувствителен к условиям среды, и при ухудшении влажности, снижении кислорода, элементов питания в почве он переходит в состояние покоя (в цисты) и не функционирует. Поэтому азотобактер является индикатором плодородия почв. Анализ показал, что плотность азотобактера в середине июня практически на всех вариантах была достаточно высокой 84–100%. Только на целине в слое почвы 15–30 см его плотность составила 76%, что обусловлено уплотнением це-

линных необрабатываемых почв. Рассматривая данные почвенного микробиологического анализа, можно сказать, что в начальный период роста растений за счет запасов продуктивной влаги условия для развития почвенной микрофлоры были достаточно благоприятными. Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов, так же как и степень мобилизации азота в почве, объективно отражает состояние и активность микрофлоры почвы под рассматриваемыми бинарными посевами и в естественных условиях. Процент разложения льняного полотна на посевах чечевицы 47%, чечевицы со льном — 70%. Под естественным симбиозом полотно было наименее поврежденным и, что характерно, микробиологическая активность по профилю распределялась с завидной устойчивостью по убывающей вниз.

Оригинальность симбиоза льна с чечевицей в различных весовых соотношениях не вызывает сомнения, наиболее эффективной была комбинация посева льна 30 кг/га + чечевица 20 кг/га. Считаем, что управлять процессами питания, защиты растений с помощью бинарных посевов вполне реальный, адекватный подход, на что указывают проведенные нами исследования. Сделано немало, получен многокомпонентный набор данных, позволяющий судить и делать выводы. Стоит подытожить, что проведенные исследования позволяют дать положительную оценку бинарному посеву льна с чечевицей в системе земледелия no-till. Немаловажным подтверждением проведенных исследований является разработка общих правил составления бинарных посевов в no-till системе земледелия. Основные положения должны учитывать физиологическую, морфологическую совместимость растений, климатические, геоморфологические, почвенные и гидрологические условия возделывания, обеспеченность почв элементами минерального питания, толерантность к химическим средствам защиты растений, время наступления уборочной спелости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева О. Т., Пилипенко Н. Г., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. Создание высокопродуктивных мятликовых агроценозов в условиях Забайкалья // Кормопроизводство, 2020. — № 5. — С. 16–19.

2. Бопп В. Л., Ступницкий Д. Н., Данилов М. Е. и др. Урожайность зеленой массы люпина в одновидовых и бинарных посевах // Проблемы современной аграрной науки : мат. международной науч. конф. — Красноярск, 2020. — С. 109–111.

3. Коржов С. И., Трофимова Т. А., Котов Г. В. Бинарные посевы как фактор оптимизации плодородия почвы // Коняевские чтения : сб. научных трудов VI Междунар. научн.-практич. конф. 2018. — С. 274–277.

4. Фарниев А. Т., Сабанова А. А., Калицева Д. Т. Продуктивность и качество амаранта, бобовых трав в одновидовых и бинарных посевах // Нива Поволжья, 2020. — № 1 (54). — С. 76–82.

5. Бекузарова С. А., Шабанова И. А. Растения-биоиндикаторы токсических почв // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России : мат. XXII Междунар. науч. конф. — Махачкала, 2020. — С. 23–28.

6. Коржов С. И., Трофимова Т. А. Почвенные микроорганизмы как индикатор биологических процессов в черноземах // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : сб. науч. трудов по мат-ам Междунар. научн.-практич. конф., приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, 2018. — С. 407–410.

7. Коржов С. И., Трофимова Т. А., Котов Г. В. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур // Земледелие, 2018. — № 8. — С. 8–10.

8. Плешков А. С., Ягодин Б. А. Способ обеспечения растений минеральными элементами / патент RU 952168, Плешков, Ягодин, 1982.

9. Борисов Б. А., Рогожин Д. О., Ефимов О. Е. Сравнительная оценка состояния органического вещества и физических свойств чернозема обыкновенного при традиционной и нулевой обработке // Агрохимический вестник, 2020. — № 3. — С. 7–10.

10. Волошенкова Т. В. Устойчивость почв к разрушению ветром в агролесоландшафтах на фоне системы земледелия no-till // Сельскохозяйственный журнал, 2019. — № S5 (12). — С. 35–40.

УДК 631.46

ИЗУЧЕНИЕ АНТАГОНИЗМА РИЗОСФЕРНЫХ БАЦИЛЛ К *PHYTOPHTHORA INFESTANS* ДЛЯ СОЗДАНИЯ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

А. В. Малкова, А. Н. Иркитова, Д. Е. Дудник, Е. Н. Каргашилова

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

В статье представлены данные по изучению антагонистической активности 9 природных штаммов бацилл, выделенных из ризосферы растений Алтайского края, по отношению к патогену овощных культур — *Phytophthora infestans*. Антифунгальная активность бактерий р. *Bacillus* проверялась методом прямого антагонизма. Согласно полученным результатам все исследуемые штаммы бацилл обладают 100%-ной эффективностью при подавлении роста фитопатогена.

Ключевые слова: *Bacillus*, антагонизм, биофунгицид, ризосфера, *Phytophthora infestans*, картофель

Введение. Одним из наиболее вредоносных заболеваний картофеля и томатов является фитофтороз, который вызывает оомицет *Phytophthora infestans*. С начала XXI в. фитофтороз стал обнаруживаться на картофельных полях нетипично рано, и болезнь начала поражать сорта, которые ранее были устойчивыми [1, 2].

Защитить картофель от *Ph. infestans* достаточно сложно, и пока это осуществляется в основном при помощи химических средств. К действующим веществам химических препаратов относятся фениламиды, имидазолиноны, динитроанилины и пр. Данные соединения ингибируют синтез рРНК и окислительное фосфорилирование в митохондриях. Ввиду вредоносности химических средств для окружающей среды в последние годы активно разрабатываются биофунгициды. В России зарегистрированы следующие препараты: Фитоспорин-М, Алирин-Б, Гамаир, Планриз. Последний содержит в своем составе бактерию *Pseudomonas fluorescens*, а остальные — разные штаммы *Bacillus subtilis* [3].

Разработкой биологических фунгицидов, содержащих различные штаммы бактерий, занимаются не только в Российской Федерации, но и за рубежом. Так, Bhimanagoud Kumbar et al. [4] установили, что 4 различные штамма *B. subtilis* в полевых условиях были эффективны при борьбе с фитофторозом, а также проявили себя как стимуляторы роста растений. Другие исследователи определили, что штамм *B. megaterium* WL-3 является антагонистом *Ph. infestans* и содействует урожайности картофеля за счет синтеза липопептидов (сурфактин, итурин А и фенгицин А) [5]. А ученые из Бельгии проверили антифунгальную активность против фитофторы у 60 штаммов бактерий из родов *Bacillus (B. subtilis, B. amyloliquefaciens, B. licheniformis, B. sonorensis, B. cereus, B. mycoides, B. pumilus, B. megaterium, B. simplex) и Pseudomonas (P. alkylphenolia, P. brenneri, P. chlororaphis, P. fluorescens, P. helmanticensis, P. protegens, P. putida, P. salomonii*). Зарубежные микробиологи установили, что 26 штаммов из изучаемых способны подавлять рост *Ph. infestans* на 70% и более, и лишь для 8 штаммов не была зафиксирована фунгицидная активность [6].

Ввиду высокой скорости эволюции *Ph. infestans*, позволяющей ей поражать новые сорта растений и приспосабливаться к воздействию фунгицидов [7], поиск и отбор новых штаммов, проявляющих антифунгальную активность по отношению к данному фитопатогену, остается актуальным.

Цель работы — изучить антагонистические свойства ризосферных штаммов бацилл, перспективных для создания средства защиты растений от *Ph. infestans*

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали 9 ризосферных штаммов бацилл из коллекции микроорганизмов ИЦ «Промбиотех». Среди них 5 штаммов *B. pumilus* (№ 4, № 5, № 6, № 7, № 16), 3 штамма *B. licheniformis* (№ 8, № 9, № 10) и 1 штамм *B. toyonensis* (№ 15).

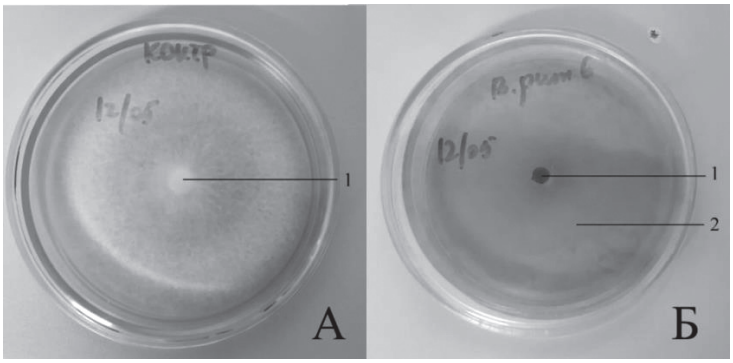
В качестве тест-культуры выбрали штамм *Ph. infestans* из коллекции микроорганизмов Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии. Штамм был выделен с пораженного картофеля в Московской области в 2018 г.

Антифунгальную активность бацилл проверяли методом прямого антагонизма. Для этого на чашку Петри с питательным агаром (среда для широкого спектра микроорганизмов) засевали газон бацилл с помощью шпателя Дригальского, а в центре сразу устанавливали блок (0,5 см) с *Ph. infestans* [8]. Опыт и контроль (фитопатоген без бактерий р. *Bacillus*) закладывали в 3-кратной повторности. Чашки инкубировали при температуре 20±2 °С в течение 14 суток.

Результаты и обсуждение. Оптимальной температурой для культивирования бацилл является значение в 30–37 °С. В рамках данного эксперимента бактерии р. *Bacillus* инкубировались при температуре 20–22 °С, но, несмотря на это, газоны всех 9 штаммов выросли за 24–48 часов. Это является важным показателем при разработке биопрепарата против фитофторы.

Диаметр культуры *Ph. infestans* в контроле на вторые сутки культивирования составлял 1,27±0,06 см, на пятые сутки — 4,93±0,31 см, а на 14-е — нити мицелия культуры фитопатогена разрослись по периметру всей чашки. Такая динамика роста говорит о том, что условия культивирования и питательная среда были подобраны адекватно для данного эксперимента.

Ph. infestans в опытных чашках при этом так расти и не начала даже к окончанию установленного срока. Через 2 недели фитофторы не осталось даже на установленных блоках, а в чашках с некоторыми штаммами бацилл (*B. pumilus* 6, *B. licheniformis* 8, *B. licheniformis* 9) отмечалось изменение цвета блока на более коричневый (см. рис.). Учитывая то, что данные видоизменения произошли не во всех опытных чашках, можно предположить, что это обусловлено особенностями биохимической активности трех данных штаммов.



Экспериментальные чашки через 14 суток культивирования: А — контрольная чашка; Б — чашка с культурой штамма ***B. pumilus*** 6. 1 — блок с ***Ph. infestans***, 2 — газон ***B. pumilus*** 6

Полученные результаты свидетельствуют о том, что все 9 штаммов бактерий *Bacillus spp*. ингибируют рост тест-штамма *Ph. infestans* и обладают по отношению к ней выраженным антагонизмом. Однако синтезируемые разными штаммами бацилл антифунгальные соединения, эффективные против фитофторы, могут различаться. На это косвенно указывает изменение цвета питательной среды.

Заключение. Таким образом, степень подавления роста *Ph. infestans* 9 ризосферными штаммами видов *B. pumilus, B. licheniformis* и *B. toyonensis* составила 100%. Поэтому данные штаммы бацилл можно рекомендовать для создания биопрепарата, нацеленного на защиту картофеля и томатов от фитофторы. Также важно учитывать полученные результаты при разработке системы обработки овощных культур от данного фитопатогена.

Исследование выполнено в рамках реализации Программы поддержки научно-педагогических работников Алтайского государственного университета, проект «Оценка эффективности микробного биопрепарата в борьбе с фитопатогенами сельскохозяйственных культур».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецова М. А., Стацюк Н. В., Козловский Б. Е. и др. Современное состояние популяции *phytophthora infestans* и защита картофеля от фитофтороза // Защита и карантин растений, 2013. — № 7. — С. 12–15.

2. Соколова Е.А., Кузнецова М.А., Рогожин А.Н. и др. Молекулярные методы исследования и мониторинга возбудителя фитофтороза картофеля *Phytophthora infestans* // Вестник Московского гос. обл. ун-та. Серия: Естественные науки, 2018. — № 3. С. 110–124. doi: 10.18384/2310–7189–2018–3–110–124.

3. Филиппов А.В. Фитофтороз картофеля // Приложение к журналу Защита и карантин растений, 2012. — № 5. — С. 61–88.

4. Kumbar B., Mahmood R., Nagesha S.N., Nagaraja M.S., Prashant D.G., Kerima Z., Karosiya A., Chavan M. Field application of *Bacillus subtilis* isolates for controlling late blight disease of potato caused by Phytophthora infestans // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2019. — Vol. 22. — P. 1–7. DOI: 10.1016/j. bcab. 2019.101366.

5. Wang Y.Y., Liang J., Zhang C., Wang L., Gao W., Jiang J. *Bacillus megaterium* WL-3 lipopeptides collaborate against Phytophthora infestans to control potato late blight and promote potato plant growth // Front. Microbiol., 2020. — Vol. 11. — P. 1–27. DOI: 10.3389/fmicb. 2020.01602.

6. Caulier S., Gillis A., Colau G., Licciardi F., Liépin M., Desoignies N., Modrie P., Legrève A., Mahillon J., Bragard C. Versatile Antagonistic Activities of Soil-Borne *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. against *Phytophthora infestans* and Other Potato Pathogens // Front. Microbiol., 2018. — Vol. 9. — P. 1–15. DOI: 10.3389/fmicb. 2018.00143.

7. Каримова В.К., Нечай Н.Л., Есимсеитова А.К. и др. Использование изолятов гриба *Phytophthora infestans* в клеточной селекции картофеля // Биотехнология. Теория и практика, 2013. — № 4. — С. 36–41. DOI: 10.11134/btp. 4.2013.5.

8. Иркитова А.Н., Каган Я.Р. Сравнительный анализ методов определения антагонистической активности молочнокислых бактерий // Известия Алт. гос. ун-та, 2012. — № 3. — С. 41–44.

УДК 615.322

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, НА ВОДОПРОЧНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

М.И. Мальцев[1], Е.В. Калюта[1], В.И. Маркин[2]

[1] Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

[2] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

В статье приводятся результаты исследований по изучению действия биопрепаратов из карбоксиметилированных отходов растительного происхождения (опилок древесины сосны, полосы овса и лузги подсолнечника) на водопрочность почвенных агрегатов в лабораторных и полевых условиях лесостепи Алтайского края. Установлено, что как в лабораторных, так и в полевых условиях почвенные агрегаты с применением изучаемых препаратов размываются водой значительно медленнее, чем на контроле. Внесение исследуемых препаратов увеличивало водопрочность почвенных агрегатов до 8 раз. Наибольшее влияние на устойчивость почвенных агрегатов к действию воды оказал препарат, полученный на основе подсолнечной лузги.

Ключевые слова: водопрочность почвенных агрегатов, чернозем выщелоченный, карбоксиметилирование, отходы растительного сырья

Введение. Среди многочисленных приемов, используемых для улучшения агрофизических свойств почв, одним из эффективных является применение искусственных структурообразователей почвы, в частности высокомолекулярных водорастворимых полимеров. Введение

мелиорантов увеличивает содержание агрономически ценной водопрочной структуры. В результате повышаются водопроницаемость почв, их аэрация, противоэрозионная и противодефляционная устойчивость, создаются оптимальные условия для микрофлоры, увеличивается содержание доступных для растений питательных веществ. Все это ведет к повышению плодородия почв, урожайности культур, уменьшению эрозии и дефляции [1].

Одним из возможных путей получения искусственных структурообразователей почвы является карбоксиметилирование отходов растительного происхождения с получением водорастворимых полимерных продуктов [2]. Данные препараты содержат в своем составе карбоксиметилированные основные структурные компоненты (целлюлоза, лигнин, гемицеллюлозы) [3], обладают клеящими свойствами и поэтому могут быть использованы в качестве веществ, улучшающих водопрочность почвеных агрегатов. Исследования показали, что сухое вещество и водные растворы препаратов не теряют своих свойств при длительном хранении и действии отрицательной температуры [4].

Цель наших исследований — определить действие препаратов, полученных из карбоксиметилированных продуктов переработки растительного сырья, на водопрочность почвенных агрегатов в лабораторных и полевых условиях лесостепи Алтайского края.

Материалы и методики проведения исследования. В качестве исходного растительного сырья для получения полимерных структурообразователей использовали опилки древесины сосны обыкновенной (*Pinussilvestris*) (препарат NaКМД), а также отходы растениеводства: цветковые пленки овса (*Avenaecarinis L.)* (препарат NaКМО) и лузгу подсолнечника (*Helianthusannuus L.)* (препарат NaКМП). Карбоксиметилирование проводили в реакторе РВПЭ-0.2 (ООО «ЮВС», Обнинск) [5].

Водопрочность почвенных агрегатов *определяли по методу П.И. Андрианова.* Метод основан на учете количества расплывшихся почвенных агрегатов в стоячей воде в определенные интервалы времени [6].

Исследование проводили на черноземе выщелоченном среднесуглинистом, взятом на опытном поле Алтайского ГАУ на глубине 0–20 см. Для проведения лабораторного опыта навеску воздушно-сухого почвенного образца (200 г), просеянного через лабораторные сита (1 мм), смешивали с изучаемыми сухими препаратами, полученными из карбоксиметилированного растительного сырья (опилки сосны — NaКМД, цветковые пленки овса — NaКМО, подсолнечная лузга — NaКМП), в концентрации 0,4 и 0,8% от массы навески, помещали в алюминиевые стаканчики, хорошо перемешивали и увлажняли до 30%. Почву увлажняли через каждые 7 дней в течение 2 месяцев, предварительно ее прорыхлив.

В полевом опыте изучали эффект действия препаратов в сухом виде с дозами внесения от 1 г/м^2 до 10 г/м^2. После равномерного внесения препаратов почву рыхлили на глубину 5 см и далее обрабатывали против сорняков по мере их отрастания путем подрезания наземной части растений. Полевой опыт проводили в богарных условиях в течение 3 лет, продолжительность одного опыта — 5 месяцев (май — сентябрь). Площадь экспериментальных делянок 1 м^2, повторность — 4-кратная. Осенью отбирали почвенные образцы с исследуемых вариантов на глубине 0–5 см.

В качестве сравнения изучали действие карбоксиметилцеллюлозы (марка КМЦ-М, изготовлена ОАО «БХК», Бийск) в тех же условиях. Растворимость в воде КМЦ-М — 99,0%, содержание КМГ — 30,4%.

Результаты исследования и их обсуждение. Для проведения исследования были взяты препараты на основе различных видов растительного сырья, состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав препаратов

Исходное сырье (препарат)	Свойства продуктов карбоксиметилирования,%		
	карбоксиметилированная целлюлоза	карбоксиметилированный лигнин	растворимость в воде
Опилки древесины сосны (NaКМД)	32,4±0,5	16,5±0,2	46,6±0,9
Цветковые пленки овса (NaКМО)	28,7±0,4	12,4±0,3	75,2±0,8
Подсолнечная лузга (NaКМП)	21,5±0,7	17,1±0,4	59,6±1,3

Основным компонентом изучаемых препаратов является натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы NaКМЦ, которая относится к непосредственно действующим структурообразователям, влияющим на процессы, протекающие на поверхности раздела фаз, и тем самым изменяющим физико-химические свойства почвы. Это водорастворимый высокополимерный полианион, принцип действия которого — многократная адсорбция линейных коллоидов на глинистых частицах. Сцепление с гранями поверхности глинистых минералов происходит за счет образования химических связей различного типа, а также силами Ван-дер-Ваальса. Благодаря адсорбции и в силу линейной коллоидной структуры NaКМЦ тесно прилегающая глинистая частица вовлекается в образование цепи. Так как линейный полимер может адсорбироваться одновременно несколькими частицами почвы, происходит многократная адсорбция и их «склеивание».

Изучение в лабораторных условиях внесения в почву препаратов из карбоксиметилированного растительного сырья показало, что все они обладают значительным структурообразующим действием. Установлено, что искусственное оструктуривание почв при влажности, близкой к полевой, привело к существенным изменениям водопрочных свойств почвы (табл. 2). Внесение исследуемых препаратов увеличивало водопрочность почвенных агрегатов до 8 раз.

Следует отметить, что препарат NaКМД влияет на водопрочность почвы практически так же, как известный структурообразователь NaКМЦ, а другие препараты увеличивают этот показатель в 2–4 раза.

Таблица 2

Влияние препаратов на водопрочность почвенных агрегатов

Минуты	Контроль	Структурообразователь							
		NaКМЦ		NaКМД		NaКМО		NaКМП	
		0,4%	0,8%	0,4%	0,8%	0,4%	0,8%	0,4%	0,8%
1	46	39	27	43	21	14	12	14	13
2	2 (48) *	1 (40)	2 (29)	2 (45)	10 (31)	10 (24)	7 (19)	5 (19)	2 (15)
3	2 (50)	5 (45)	7 (36)	1 (46)	1 (32)	4 (28)	4 (23)	2 (21)	2 (17)
4		2 (47)	8 (44)	1 (47)	5 (37)	4 (32)	6 (29)	5 (26)	2 (19)
5		1 (48)	–(44)	–(47)	2 (39)	3 (35)	4 (33)	4 (30)	3 (22)
6		–(48)	–(44)	–(47)	5 (44)	1 (36)	2 (35)	1 (31)	6 (28)
7		–(48)	–(44)	–(47)	–(44)	4 (40)	5 (40)	–(31)	1 (29)
8		–(48)	–(44)	–(47)	–(44)	2 (42)	–(40)	–(31)	1 (30)
9		–(48)	–(44)	–(47)	–(44)	2 (44)	–(40)	1 (32)	–(30)
10		–(48)	–(44)	–(47)	–(44)	–(44)	–(40)	–(32)	–(30)
В,%	**6,2**	**13,0**	**22,6**	**12,1**	**28,4**	**36,6**	**41,8**	**49,6**	**57,5**

Примечание:* — здесь и далее в таблице первая цифра означает количество распавшихся почвенных агрегатов к текущему моменту времени; цифра в скобках — общее количество распавшихся почвенных агрегатов к текущему моменту времени.

Наибольшую устойчивость к размывающему действию воды проявила почва с внесением препарата, полученного на основе лузги подсолнечника. Водопрочность почвенных агрегатов при применении этого препарата при концентрации внесения 0,4% составила 49,6%, что выше контроля в 8 раз. Увеличение концентрации препарата в два раза способствовало увеличению водопрочности почвенных агрегатов в 1,2 раза. Агрегаты почвы с другими препаратами обладают водопрочностью структуры, в 2–6 раз превышающей контрольной вариант. Положительное действие препаратов из карбоксиметилированного растительного сырья изменяется в следующем порядке: NaКМП>NaКМО>NaКМД.

В полевых условиях также выявлено существенное влияние изучаемых препаратов на физические свойства почвенных агрегатов. При внесении расчетной дозы препаратов 1 г/м^2 наблюдаются те же зависимости, что и в лабораторном эксперименте: наибольшую устойчивость к размывающему действию воды проявила почва с внесением препарата, полученного на основе лузги подсолнечника NaКМП; водопрочность в этом случае увеличивается по сравнению с контролем в 1,7 раза; препарат NaКМД влияет на водопрочность почвы практически так же, как известный структурообразователь NaКМЦ. Увеличение дозы внесения в 10 раз способствовало увеличению водопрочности почвенных агрегатов только в 1,16–1,47 раза (в зависимости от препарата) (табл. 3).

В целом водопрочность почвы при применении инновационных биопрепаратов повышалась на 33–96% по сравнению с контролем.

Таблица 3

Влияние препаратов на водопрочность почвенных агрегатов

Минуты	Контроль	Структурообразователь							
		NaКМЦ		NaКМД		NaКМО		NaКМП	
		1г/м^2	10г/м^2	1г/м^2	10г/м^2	1г/м^2	10г/м^2	1г/м^2	10г/м^2
1	13	7	4	8	3	12	13	10	2
2	10 (23)	6 (13)	1 (5)	1 (9)	2 (5)	5 (17)	–(13)	–(10)	3 (5)
3	1 (24)	1 (14)	–(5)	4 (13)	–(5)	1 (18)	1 (14)	3 (13)	1 (6)
4	2 (26)	6 (20)	–(5)	3 (16)	2 (7)	–(18)	–(14)	1 (14)	–(6)
5	5 (31)	–(20)	2 (7)	3 (19)	–(7)	2 (20)	1 (15)	–(14)	2 (8)
6	3 (34)	2 (22)	3 (10)	7 (26)	–(7)	–(20)	–(15)	1 (15)	1 (9)
7	–(34)	–(22)	–(10)	7 (33)	3 (10)	2 (22)	–(15)	1 (16)	1 (10)
8	1 (35)	2 (24)	1 (11)	–(33)	–(10)	3 (25)	1 (16)	1 (17)	1 (11)
9	6 (41)	2 (26)	–(11)	2 (35)	1 (11)	–(25)	–(16)	1 (18)	–(11)
10	1 (42)	3 (29)	1 (12)	–(35)	4 (15)	1 (26)	1 (17)	1 (19)	3 (14)
В,%	**43,6**	**63,5**	**85,2**	**58,1**	**85,5**	**62,0**	**72,1**	**72,7**	**85,0**

Выводы

1. В лабораторных и полевых условиях установлено, что действие биопрепаратов, полученных из карбоксиметилированных отходов растительного сырья (опилок древесины сосны, цветковых пленок овса и лузги подсолнечника), на водопрочность почвенных агрегатов существенное. Почвенные агрегаты с применением изучаемых препаратов показали большую устойчивость к размывающему действию воды, нежели почвенные образцы с контрольного варианта. Внесение исследуемых препаратов увеличивало водопрочность почвенных агрегатов от 2 до 9 раз в лабораторных условиях и от 1,5 до 2 раз в полевых условиях.

2. Положительное действие препаратов из карбоксиметилированного растительного сырья изменяется в следующем порядке: NaКМП>NaКМО>NaКМД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие. СПб. : Лань, 2012. — 288 с.

2. Bazarnova N. G., Markin V. I., Katrakov I. B., Kolosov P. V., Kalyuta E. V., Cheprasova M. Y. Methods of obtaining lignin-carbohydrate compounds from chemically modified plant raw materials // Russian Journal of General Chemistry, 2012. — Vol. 82. — № 5. — P. 947–954.

3. Маркин В. И. Карбоксиметилирование растительного сырья. Теория и практика. Барнаул : Азбука, 2010. — 167 с.

4. Калюта Е. В., Маркин В. И., Мальцев М. И. Влияние условий хранения на свойства водных растворов карбоксиметилированного растительного сырья // Химия растительного сырья. — 2018. — № 4. — С. 309–317.

5. Калюта Е. В., Мальцев М. И., Маркин В. И. и др. Исследование влияния карбоксиметилированного растительного сырья на активность прорастания яровой мягкой пшеницы // Химия растительного сырья, 2013. — № 3. — С. 249–253.

6. Доспехов Б. А., Васильев И. П., Туликов А. М. Практикум по земледелию. М. : Агропромиздат, 1987. — 383 с.

УДК 664.786

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

А. В. Платонов

Вологодский научный центр Российской академии наук, г. Вологда, Россия

Изучалось действие микробиологических препаратов, созданных на основе штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Lactobacillus buchneri,* на ростовые процессы, фотосинтетические показатели и зерновую продуктивность ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) с. Сонет в условиях Вологодской области. Полевые исследования проводились на мелкоделяночных опытных участках в шестикратной повторности. В ходе эксперимента установлено, что внесение биопрепаратов приводит к значительному увеличению листовой поверхности у опытных растений (до 64%), возрастанию среднесуточных приростов (до 52%) и накоплению биомассы (до 42%). Вероятно, такой эффект происходит по причине более активной работы пигментных единиц фотосинтетического аппарата, а также возможным влиянием микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов, на синтез фитогормонов группы ауксинов. Предположительно биопрепараты ускоряют прохождение фаз онтогенеза, вследствие чего растения быстрее достигают своих генетически запрограммированных размеров и переходят к стадии колошения. Исследуемые биопрепараты повышают коэффициент хозяйственного использования растений, при этом зерновая продуктивность ячменя увеличивается до 15,8%.

Несколько большую эффективность показал биопрепарат, созданный на основе штамма *Lactobacillus buchneri.*

Ключевые слова: микробиологические препараты, морфологические показатели, зерновая продуктивность, ячмень

Введение. Традиционное сельское хозяйство, по мнению ряда авторов [5, 9, 14], исчерпало себя: достигнуты максимальные показатели продуктивности отдельных сортов растений, пород животных, почвы находятся в состоянии истощения, грунтовые и поверхностные воды все больше насыщаются различными химическими агентами, у вредителей формируется резистентность к фунгицидам, пестицидам и др. [17]. При этом рост населения, нехватка прежних ресурсов, стремление за прибылью стимулируют к научному поиску более дешевых и интенсивных путей сельскохозяйственного производства.

В настоящее время в научной среде все чаще звучит мнение о необходимости трансформации сельского хозяйства в экологически ориентированное [4, 9, 10, 13]. Именно исследования физиологии и биохимии растений, генетики, микробиологии и биотехнологии могут являться основными механизмами такой трансформации: выделяются более пригодные сорта растений, штаммы микроорганизмов-продуцентов и микроорганизмов-антагонистов к патогенам, синтезируются биологические добавки и пр. При этом представители одного лишь рода бактерий способны решать огромное количество задач современной науки и производства. Например, представители рода *Bacillus* способ-

ны как стимулировать рост и развитие растений, так и повышать иммунитет растений за счет синтеза липопротеидов и веществ гормонального происхождения [3, 7, 16]. Однако микробиом чрезвычайно разнообразен, что приводит ученых к необходимости вести постоянные исследования по поиску и изучению различных штаммов, наиболее пригодных для конкретных целей сельскохозяйственного производства.

К сожалению, опыт и достижения мировых ученых существенно опережают российскую науку, в нашей стране очевиден ощутимый дефицит разнообразия биопрепаратов, а колоссальные различия природных и климатических условий территорий требуют их более широкого ассортимента. Биопрепараты широко используются во многих странах Европы, в том числе в Швейцарии, Австрии, Чехии и Финляндии, а также в США, Китае, Японии и пр. Некоторые хозяйства в Западной Европе на данный момент полностью отказались от минеральных азотных удобрений в пользу биологического азота.

Стоит отметить, что значительная масса исследований показывает эффективность применения различных микробиологических препаратов при выращивании сельскохозяйственных культур [1, 2, 8, 13]. Многие исследователи отмечают, что значительный вклад в эффективное взаимодействие растительной культуры и микробиологического штамма вносят как абиотические условия конкретных регионов (температура, влажность), так и конкуренция почвенной микробиоты [4, 13, 14]. Тем самым актуален поиск и составление пар сорт культуры — штамм микроорганизма для конкретных территорий.

Цель исследования: изучить действие препаратов микробного состава на морфологические и физиологические характеристики ячменя обыкновенного с. Сонет.

Исследование проводили на опытном поле Вологодского научного центра Российской академии наук (ВолНЦ РАН).

Материалы и методы исследования. Объектом исследования послужил ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.) с. Сонет как культура, широко возделываемая в условиях Северо-Запада России. В качестве микробиологических препаратов использовали Натурост и Натурост-Актив, которые созданы на основе ассоциативной микрофлоры растений. Основу препарата Натурост составляет культура клеток *Bacillus subtilis*, а Натурост-Актив — *Lactobacillus buchneri*. Производитель (ООО «Биотроф», г. Санкт-Петербург) заявляет, что оба биопрепарата защищают растения от патогенных микроорганизмов, способствуют ускорению роста и развития растений открытого и закрытого грунта. Семена опытных групп замачивались в рабочих растворах препаратов на 2 часа, семена контрольной группы — в воде. Концентрация рабочего раствора — 1 мл препарата на 1 литр воды. Помимо инокуляции проводили опрыскивание растений рабочими растворами той же концентрации согласно рекомендациям (в фазу третьего листа).

Мелкоделяночный полевой эксперимент предусматривал 6-кратную повторность опыта, площадь учетной делянки 1 м^2. Посев происходил в соответствии с принятыми нормами высева ячменя — 5,0 млн зерен ячменя на 1 га. Уход за культурами происходил в соответствии с общепринятыми агротехническими приемами, минеральные удобрения не вносились.

В течение периода вегетации проводился учет: биометрических показателей растений в разные фазы онтогенеза (по 30 растений); среднесуточных приростов; чистой продуктивности фотосинтеза (по Ничипоровичу); продуктивности и структуры урожая.

Полученные результаты и их обсуждение. Биометрические показатели растений свидетельствуют, что в фазу третьего листа эффект от действия препаратов незначителен: так, сырая масса опытных растений относительно контрольных возрастает на 5,6% и 10,0%, площадь листовой поверхности — на 9,1% и 13,2%. Сложившаяся ситуация может быть объяснена периодом засухи после посева, что неблагоприятно и для растений, и для микроорганизмов.

В фазу кущения влияние биопрепаратов на ростовые процессы проявилось более очевидно. Возможно, это объясняется повторной обработкой растений в фазу третьего листа, что повлекло активацию ростовых процессов в опытном варианте. Во время обработки размеры растений были еще незначительны, и при опрыскивании биопрепаратами микроорганизмы попадали как на филлосферу, так и на почву (достигают ризосферы), где они и оказывают свое ростостимулирующее действие. Так, в фазу кущения сырая масса опытных растений превосходила контрольный вариант на 36,4–38,5%,

сухая масса — на 29,2–42,7%, а площадь листовой поверхности увеличилась на 52,2–64,5%. Наблюдаемый эффект происходит как за счет увеличения количества листьев (на 27,5–37,3%), так и за счет увеличения площади одного листа (на 17,1–23,5%). В фазу трубкования разница в биометрических показателях между растениями опытного и контрольного вариантов остается существенной.

Увеличение площади листовой поверхности приводит к увеличению среднесуточных приростов. Прежде всего такая ситуация может быть связана с увеличением интенсивности фотосинтеза и активизации работы пигментного аппарата, что подтверждается рядом работ [8, 11, 15]. Стоит отметить, что при существенных отличиях в морфометрических показателях и значениях среднесуточных приростов растений чистая продуктивность фотосинтеза опытных вариантов незначительно отличается от контроля. Чистая продуктивность фотосинтеза растений, обработанных биопрепаратом Натурост, ниже контрольных растений на 0,126 г/м^2; а под влиянием биопрепарата Натурост-Актив — выше на 0,700 г/м^2.

Таким образом, увеличение площади листовой поверхности у опытных растений сопровождается сохранением относительной интенсивности фотосинтеза, что и приводит к существенному возрастанию среднесуточных приростов и как следствие к увеличению биомассы. При этом любые изменения физиологических процессов растений, в том числе и на ранних этапах онтогенеза (кущение, выход в трубку), сказываются и на зерновой продуктивности. Что хорошо согласуется с результатами нашего исследования.

Анализируя продуктивность ячменя (таблица), можно отметить отсутствие достоверных различий в морфометрических параметрах соломы опытных и контрольных растений. Однако в целом зерновая продуктивность растений ячменя при обработке биопрепаратами возрастает на 8,5–15,8%. Это происходит как за счет увеличения массы отдельной зерновки, так и за счет увеличения продуктивной кустистости.

Хозяйственная продуктивность ячменя обыкновенного с. Сонет

Показатель	Контроль	Натурост	Натурост-Актив
Продуктивная кустистость, шт.	3,9±0,4	4,2±0,3	4,3±0,3
Масса 1 растения, г	4,84±0,30	4,98±0,49	5,17±0,34
Масса зерна с 1 растения, г	2,051±0,058	2,227±0,100*	2,376±0,178*
Масса 1000 зерновок, г	40,74±0,84	42,59±1,90	41,45±1,32
Масса зерна с 1 м^2, г	278±14,0	315±18*	319±20*
Коэффициент хозяйственного использования	0,423	0,447	0,460

Примечание: * — разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P<0,05$.

Безусловно, морфологические показатели растений обусловлены скоростью протекания их физиологических процессов. В исследованиях показаны различные механизмы действия микробиологических препаратов на рост и развитие растений, к которым относятся синтез и сложное взаимодействие фитогормонов, мобилизация веществ, угнетение патогенов за счет синтеза антибиотиков, токсинов и поверхностно-активных веществ, а также формирование конкуренции за питательные вещества и места колонизации патогенных бактерий [3, 7] и пр.

По окончании эксперимента различия в массе вегетативных органов опытных и контрольных вариантов остаются, но они незначительны. В связи с этим можно полагать, что обработка биопрепаратами в большей степени ускоряет онтогенез растений. Некоторые авторы отмечают, что ускорение онтогенеза растений способствует более быстрому органогенезу (формируются новые листья, площадь листовой поверхности опытных растений больше контрольных), что способствует накоплению сухого вещества и как следствие зерновой продуктивности [11]. Такая картина наблюдается и в нашем случае: ускорение ростовых процессов и накопления биомассы на начальных этапах онтогенеза приводит к увеличению зерновой продуктивности одного растения на 8,5–15,8%, при неизменном количестве зерновок в колосе наблюдается тенденция к увеличению продуктив-

ной кустистости и массы зерновки. При этом несколько большее увеличение зерновой продуктивности наблюдается у растений, обработанных препаратом на основе культуры *Lactobacillus buchneri:* как было указано выше, растения в этом варианте достигали и более высоких показателей чистой продуктивности фотосинтеза.

Вероятно, одним из механизмов действия биологических препаратов являлся синтез микроорганизмами фитогормонов, в частности ауксинов, которые на начальных стадиях онтогенеза способствуют активизации деления клеток, лучшему развитию корневой системы и как следствие — более быстрому росту растения. Синтез ауксинов бактериями неоднократно доказывался в работах российских [6, 11, 15] и зарубежных исследователей [17], а их влияние на рост и развитие растений неоспоримо. В нашем случае препарат Натурост представляет собой культуру бактерий *Bacillus subtilis.* Отмечено, что представители данного рода микроорганизмов способны к активному синтезу ИУК, липопептидов, этилена, полиаминов и пр., за счет чего у растений повышается иммунитет, усиливается рост, ускоряется развитие и формируется более быстрый ответ на различные стрессоры [7, 16]. Второй препарат Натурост-Актив, основа которого — культура *Lactobacillus buchneri,* также способствует повышению ростовых показателей и зерновой продуктивности ячменя обыкновенного. Стоит отметить, что кисломолочные бактерии относительно мало изучены с точки зрения повышения продуктивности растений, как правило, направление изучения данных организмов связано с их ролью в заготовке сочных кормов. Однако данные микроорганизмы довольно конкурентоспособны, что позволяет им успешно существовать в почве и эффективно взаимодействовать в системе с растениями. Так, представители рода *Lactobacillus* повышают устойчивость растений к стрессорам, патогенам, а также приводят к активации роста и развития растений [12]. Установлено, что антимикробная и ростстимулирующая активность молочнокислых бактерий связана с продуцированием ими различных метаболитов, в частности валериановой и масляной кислот, также эти бактерии способны к синтезу фитогормонов группы ауксина.

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует о положительном действии бактериальных препаратов, созданных на основе культуры *Bacillus subtilis* и культуры *Lactobacillus buchneri,* на ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Сонет. Микроорганизмы биопрепаратов, активно участвуя в мутуалистических отношениях с растениями, оказывают стимулирующее влияние на рост, развитие и зерновую продуктивность. В настоящее время на зерновых и кормовых культурах продолжается исследование эффективности применения изучаемых биопрепаратов в условиях Вологодской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безгодова И. Л., Коновалова Н. Ю., Прядильщикова Е. Н., Коновалова С. С. Влияние минерального питания и биопрепаратов при возделывании ячменя и гороха на зерновые цели // АгроЗооТехника, 2018. — № 1 (1). — С. 1–10.

2. Бондаренко А. Н., Зволинский В. П. Изучение биопрепаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов при возделывании яровых зерновых культур в Астраханской области // Агрохимический вестник, 2012. — № 2. — С. 22–23.

3. Васильева Е. Н., Ахтемова Г. А., Жуков В. А., Тихонович И. А. Эндофитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве // Экологическая генетика, 2019. — Т. 17. — № 1. — С. 19–32.

4. Воробейков Г. А., Павлова Т. К., Кондрат С. В. и др. Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений // Известия Российского гос. пед. ун-та им. А. И. Герцена, 2011. — С. 114–123.

5. Завалин А. А., Чеботарь В. К., Ариткин А. Г., Сметов Д. Б. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования // Достижение науки и техники АПК, 2012. — № 9. — С. 45–47.

6. Колмыкова Т. С., Лукаткин А. С. Эффективность регуляторов роста растений при действии абиотических стрессовых факторов // Агрохимия, 2012. — № 1. — С. 83–94.

7. Максимов И. В., Сингх Б. П., Черепанова Е. А. и др. Перспективы применения бактерий — продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология, 2020. — Т. 56. — № 1. — С. 19–34.

8. Павловская Н. Е., Тимаков А. Г., Яковлева И. В., Мамеев В. В. Изучение эффективности применения биопрепаратов на фотосинтетическую деятельность и урожай ярового ячменя // Вестник ИрГСХА, 2019. — № 90. — С. 44–55.

9. Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты — базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК, 2011. — № 8. — С. 11–15.

10. Петровский А. С., Каракотов С. Д. Микробиологические препараты в растениеводстве. Альтернатива или партнерство? // Защита и карантин растений, 2017. — № 2. — С. 14–18.

11. Пигорев И. Я., Тарасов С. А. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую деятельность и урожайность озимой пшеницы // Вестник Курской гос. сельскохоз. академии, 2014. — № 8. — С. 47–50.

12. Ржевская В. С., Отурина И. П., Теплицкая Л. М. Изучение биологических свойств штаммов молочнокислых бактерий // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, 2014. — Т. 27 (66). — № 1. — С. 45–160.

13. Рябова О. В. К вопросу разработки микробиологических препаратов (фунгицидов и удобрений) для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2016. — № 1 (50). — С. 31–40.

14. Chebotar' V. K., Zaplatkin A. N., Shcherbakov A. V., Mal'fanova N. V., Startseva A. A., Kostin Ya. V. Microbial preparations on the basis of endophytic and rhizobacteria to increase the productivity in vegetable crops and spring barley (*Hordeum vulgare* L.), and the mineral fertilizer use efficiency // Agricultural biology, 2016. — Vol. 51. — № 3. — P. 335–342.

15. Chernyad'ev I. I. The protective action of cytokinins on the photosynthetic machinery and productivity of plants under stress (review) // Applied biochemistry and microbiology, 2009. — № 4. — Vol. 45. — P. 351–352.

16. Dunyashev T. P., Laptev G. Yu., Yildirim E. A. et al. Identification of genes associated with the synthesis of siderophores by the Bacillus subtilis // Journal of Livestock Science, 2021. — Vol. 12. — № 4. — P. 287–291.

17. Pérez-Montaño F., Alías-Villegas C., Bellogín R. A., del Cerro P. et al. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production // Microbiological Research, 2014. — Vol. 169. — № 5–6. — P. 325–336.

УДК 582.281

ГРИБЫ–МИКРОМИЦЕТЫ КАК ОСНОВА БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРЕНОСЧИКОВ ТРАНСМИССИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

К. А. Столбунова[1], О. В. Охлопкова[1], О. Э. Юрченко[2], Ю. А. Юрченко[2], Т. В. Теплякова[1]

[1] ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р. п. Кольцово, Новосибирская область, Россия

[2] Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Описано и проанализировано ингибирующее влияние четырех штаммов энтомопатогенных грибов из коллекции лаборатории микологии ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора на переносчиков трансмиссивных заболеваний и получены положительные результаты динамики гибели иксодовых клещей и личинок кровососущих комаров.

Ключевые слова: энтомопатогены, иксодовые клещи, кровососущие комары, биометод, биотесты

Введение. Трансмиссивные заболевания — это вид инфекционных болезней человека и животных, возбудителем которых являются вирусы, бактерии и паразиты, а промежуточными хозяевами и переносчиками данных возбудителей служат кровососущие насекомые и членистоногие. Эти болезни, как и сами переносчики, требуют особого внимания со стороны профилактики и контроля, поскольку многие заболевания могут приводить к инвалидности или летальному исходу. За год от трансмиссивных болезней умирает более 700 000 заразившихся людей, что является показателем важности и значимости работы в этой области, а также стремления к снижению показателей инфицирования и смертности [1].

Иксодовые клещи и кровососущие комары являются переносчиками инфекционных заболеваний: вирусного клещевого энцефалита, болезни Лайма, туляремии, малярии, лихорадки денге и др. Ареал распространения кровососущих паразитов широк и напрямую зависит от условий окружающей среды и распространения потенциальных жертв вредителей.

Для решения проблемы регуляции численности переносчиков трансмиссивных заболеваний до сих пор лидирующим способом является использование химических пестицидов, поскольку они характеризуются высокой эффективностью и экономичностью. Но одна из важных проблем химического метода борьбы с вредными членистоногими и насекомыми — возникновение устойчивых популяций вредителей. Резистентность влечет за собой увеличение применяемых доз препаратов, следствием чего является загрязнение окружающей среды, кумуляция ядов в природе [2].

Инсектициды химического происхождения оказывают негативное влияние не только на окружающую среду, но и на здоровье человека как результат прямого действия и путем накопления в питьевой воде или сельскохозяйственных культурах, которые впоследствии могут попадать в организм человека, вызывая отравления различной степени тяжести [3]. Ядохимикаты обладают высокой устойчивостью к окружающим факторам и очень медленно распадаются, в большинстве случаев происходит миграция токсичных компонентов по смежным средам, отравляя почву, воду, воздух и живые организмы, обитающие в этих средах. Поэтому из-за кумуляции ядов в окружающей среде на протяжении многих лет вырисовывается картина глобальной опасности для существования природных экосистем, которая требует глобальных решений.

Еще 1930-е гг. начали разрабатываться безопасные с экологической точки зрения подходы за контролем численности вредителей с применением теоретической и прикладной энтомологии. Советские ученые проводили работы по изучению взаимоотношений энтомопатогенных грибов, бактерий с насекомыми-хозяевами, а также изучали роль экологических условий для успешного практического применения агентов контроля. Все это послужило важной основой для становления биометода,

как альтернативного экологически безопасного подхода за контролем численности вредителей [4, 5]. Но массовое производство препаратов на основе энтомопатогенных микроорганизмов для микробиологической борьбы с вредителями в те годы не получило широкого практического применения из-за низкого уровня развития технологий и производства [5]. Сегодня для реализации биометода в промышленных масштабах имеется достаточно ресурсов, но они требуют больших экономических затрат.

Тем не менее благородя новым исследованиям и увеличениям производства промышленных биопрепаратов в зарубежных странах уже удалось частично вытеснить пестициды химического происхождения из обихода в сельском хозяйстве [6].

Биопестициды представляют собой препараты, действующим компонентом которых являются микроорганизмы (бактерии, вирусы или грибы). Эти микроорганизмы способны вмешиваться в жизненный цикл насекомых, приводя к их гибели, при этом являясь важным регулирующим фактором в популяциях вредителей. Многие из энтомопатогенов обладают избирательным действием по отношению к насекомым-хозяевам и не влияют на жизненные циклы животных, растений и человека [7]. Многие из них уже применяются для защиты растений, животных и людей от пагубного действия вредителей.

Важную роль среди энтомопатогенных микроорганизмов играют грибы-микромицеты. Они могут проникать в тело насекомого различными путями (перкутанно — через кутикулу, перстигмально — через дыхальца, перорально — через рот и сквозь отверстия в теле) на любой стадии их жизненного цикла, а широкое распространение грибов в природных экосистемах делает их экологически безвредными и увеличивает шансы заражения вредителей. Помимо всего прочего энтомопатогены способны к спороношению на мертвом насекомом-хозяине, распространяясь на других таксонов популяции, вызывая эпизоотии, а при неблагоприятных условиях могут сохраняться в виде покоящихся спор [8].

Поиск микроорганизмов, представляющих интерес для использования в микробиометоде, и изучение их эффективности по отношению к опасным насекомым и членистоногим является актуальным и перспективным направлением. Особый интерес представляют микроорганизмы, вызывающие летальные заболевания переносчиков трансмиссивных болезней человека. Ранее не было описано влияние гриба *Cordyceps sinensis* на иксодовых клещей родов Dermacentor и Ixodes. На основе соответствующих инфекционных агентов могут создаваться промышленным способом биопрепараты, которые технологичны в применении и безопасны для окружающей среды [9].

Цель данной работы: исследовать влияние ингибирующей активности грибов-энтомопатогенов на кровососущих комарах *Aedes aegypti* и иксодовых клещах. И составить сравнительную характеристику инсектицидного и акарицидного действия.

Материалы и методы. *Грибы.* В ходе работы были использованы четыре штамма энтомопатогенных микромицетов. Из них: два штамма *Beauveria bassiana sp.*, один штамм *Beauveria bassiana 80–04* и один штамм *Cordyceps sinensis sp.* Конидии всех штаммов были выращены на овсяном отваре агаризованном, собраны в период спороношения и высушены. Для определения концентрации были приготовлены водные споровые суспензии с добавлением Твина. Подсче спор проводили в пяти больших квадратах камеры Горяева (0,2×0,2 мм) с использованием светового микроскопа.

Насекомые и членистоногие. Личинки кровососущих комаров. Была использована лабораторная популяция кровососущих комаров *Aedes aegypti.* Отбирались личинки комаров 3–4 возраста, выращенные в Институте систематики и экологии животных СО РАН. Для выведения и выращивания личинок использовались пластиковые контейнеры объемом 200 мл, проточная вода и яйца комаров *Aedes aegypti.* После метаморфоза из яйца в личинку в каждый контейнер были отобраны по 15 личинок, подросших до 3-го возраста. Искусственное освещение по системе 16+8 (16 часов — день, 8 часов — ночь). Температура помещения 22–24°С. Личинок кормили гранулированным кормом со спирулиной для цихлид.

Иксодовые клещи. Иксодовые клещи родов Dermacentor и Ixodes в стадии жизненного цикла — имаго были собраны традиционным способом на белые флаги в период с конца апреля по май на территории Первомайского района, г. Новосибирска.

Процесс заражения. Заражение личинок комаров *Aedes aegypti* проводили путем распространения высушенных спор на поверхность воды, в которой находились личинки 3–4 возраста. Наблюдение проводилось до момента метаморфоза в имаго в течение 6 суток.

Заражение иксодовых клещей проводилось путем купания их в течение нескольких секунд в споровой суспензии. После заражения клещи были помещены в пластиковые чашки Петри со смоченной фильтровальной бумагой. Во избежание того, чтобы клещи сбежали из чашек, края были заклеены лентой парафилма. Наблюдение за клещами происходило в течение месяца с использованием светового микроскопа.

Результаты и обсуждения. В ходе проведения наблюдения ингибирующего влияния энтомопатогенных грибов на переносчиков трансмиссивных заболеваний установлено, что гибель кровососущих паразитов была отмечена уже на 2-е сутки после заражения при концентрации 5–7,5×10^6 конидий/мл.

Наши исследования показали, что летальность личинок кровососущих комаров была зафиксирована на 6-е сутки со дня заражения и составила для *B. bassiana sp. 1 — 43%,* для *B. bassiana 80–04* — 40%, для *C. sinensis sp.* — 40%, для *Beauveria sp. 2* — 86%. Наилучшие инсектицидные свойства проявил штамм *Beauveria sp. 2*

Для получения положительного эффекта на членистоногих нужно выдержать значительно больше времени в сравнении с насекомыми. Поэтому первые погибшие клещи начали появляться только на 6-е сутки при заражении грибом *Beauveria bassiana sp. 1* На 8-е сутки начал проявлять себя штамм *Beauveria bassiana 80–04.* К 12-м суткам начали оказывать действие штаммы *Cordyceps sinensis sp.* и *Beauveria bassiana sp. 2* Наилучшие акарицидные свойства среди представленных микромицетов проявила грибная суспензия штамма *Beauveria bassiana sp. 1* Для данного образца на 31-е сутки была установлена 100%-ная гибель клещей. *Cordyceps sinensis sp.* также показал хороший результат — 75% гибели членистоногих. У *Beauveria bassiana 80–04* и *Beauveria bassiana sp. 2* гибель составила 25%, что оказалось недостаточным для использования как перспективных энтомопатогенных агентов (рис. 1).

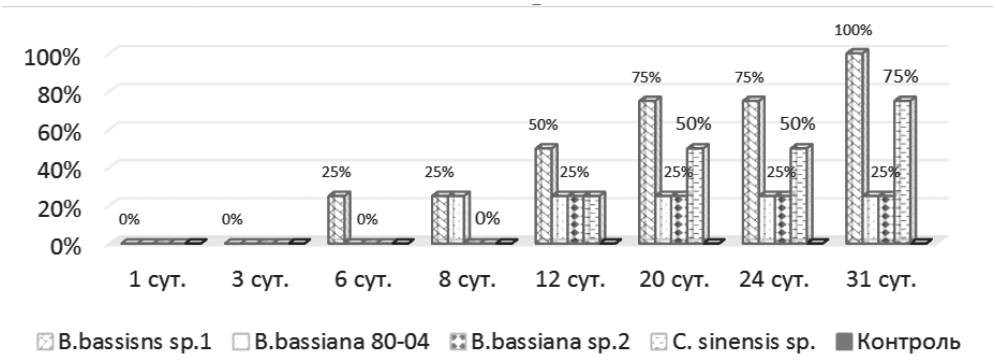


Рис. 1. Динамика смертности иксодовых клещей,%

За счет значительно быстрого метаморфоза из личинки в куколку и в имаго, также ограниченного количества личинок в каждом контейнере однозначно проследить динамику гибели личинок не удалось.

На рисунке 2 видно, что акарицидная и инсектицидная активность выше у штамма *B. bassiana sp. 1.*

Этот штамм можно отметить как универсальный патоген для регулирования численности кровососущих клещей и комаров.

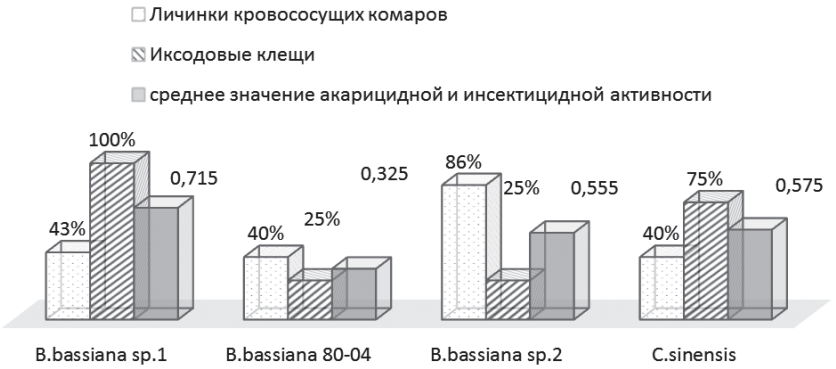


Рис. 2. Сводная сравнительная характеристика эффективности действия энтомопатогенов на кровососущих комаров и иксодовых клещей, %

Выводы. Проведенные биотесты указывают на потенциальную возможность применения экологичных изолятов энтомопатогенных грибов для борьбы с популяциями кровососущих паразитов, однако возможность их использования in vivo требует дополнительных исследований.

Грибы-микромицеты представляют собой идеальное начало для создания биологических препаратов и могут быть универсальным средством для контроля численности переносчиков трансмиссивных заболеваний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электронный ресурс: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases.

2. Finizio A., Villa S. Environmental risk assessment for pesticides: A tool for decision making // Environmental Impact Assessment Review, 2002. — Т. 22. — №. 3. — С. 235–248.

3. Рогозин М. Ю., Бекетова Е. А. Экологические последствия применения пестицидов в сельском хозяйстве // Молодой ученый, 2018. — № 25 (211). — С. 39–43.

4. Danyu Shen, Karani T Nyawira and Ai Xia. New discoveries and applications of mosquito fungal pathogens // Current Opinion in Insect Science, 2020. — Vol. 40. — P. 111–116.

5. Гулий В. В., Теплякова Т. В., Иванов Г. М Микроогранизмы, полезные для биометода. — Новосибирск, 1981. — 270 с.

6. Рубанов И., Фомин А. Рынок биопродуктов // Междунар. с.-х. журнал, 2016. — № 5. — С. 55–60.

7. Butu M. et al. Biopesticides: Clean and Viable Technology for Healthy Environment // Bioremediation and Biotechnology. — Springer, Cham, 2020. — С. 107–151.

8. Skinner M., Parker B. L., Kim J. S. Role of entomopathogenic fungi in integrated pest management // Integrated pest management, 2014. — С. 169–191.

9. Szczepańska A. et al. Sensitivity of Ixodes ricinus (L., 1758) and Dermacentor reticulatus (Fabr., 1794) ticks to entomopathogenic fungi isolates: preliminary study // Parasitology Research, 2020. — Т. 119. — №. 11. — С. 3857–3861.

УДК 633.34 (571.150)

РОЛЬ ДИАЗОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ И МИКОРИЗЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л. А. Ступина, В. С. Курсакова

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В условиях умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края в полевом мелкоделяночном опыте было изучено влияние диазотрофных бактерий и микоризы на содержание подвижных элементов минерального питания сои сорта Надежда. Установлено, что диазотрофные бактерии повышают содержание подвижного азота, фосфора и калия, но несколько меньше, чем симбиотрофы. Микориза, особенно в более влажные годы, способствует повышению подвижного фосфора. Более значительное увеличение подвижных элементов питания обеспечивается при совместном использовании ризоторфина, мизорина и микоризы. При этом достигается повышение урожайности на 38,3%.

Ключевые слова: диазотрофные бактерии, микориза, подвижные элементы питания, соя, Алтайский край

Введение. Выращивание сои благоприятствует сохранению, а иногда даже повышению почвенного плодородия вследствие создания бобово-ризобиальной системы и использования атмосферного азота. Это является основой биологического земледелия и в настоящее время широко внедряется в агротехнологическую практику. Фиксировать атмосферный азот однолетние бобовые культуры могут на уровне 50–100 кг N2/га в год. Более высокий уровень азотфиксации наблюдается при создании благоприятных условий для развития симбиотических бактерий.

Вопрос потребления и использования азота соей в Алтайском крае при разных уровнях симбиотической азотфиксации был изучен П. А. Литвинцевым и П. Р. Шоттом [7]. Авторы показали, что с урожаем зерна сои азота выносится 68–76%, а в почву с органическими остатками возвращается 29–69%. Такое потребление обеспечивается симбиотической системой и повышается вследствие улучшения минерального питания за счет использования ризоторфина и минеральных удобрений [7].

Изучен вопрос об изменении количественного состава зимогенной микрофлоры при использовании ризоторфина и карбоксиметилированных прилипателей [9]. Установлено, что совместное применение ризоторфина с карбоксиметилированной целлюлозой половы овса повышает содержание сапрофитной микрофлоры в 1,6–2,2 раза, что положительно сказывается на работе симбиотического аппарата.

Показано влияние биологически активных веществ (Акварин, Артемия и Теллура спектр) на структуру и урожайность сои в условиях предгорных равнин Салаира [2]. Более значительное повышение урожайности отмечено от использования препарата Акварин № 3 в дозе 5 кг/га, Артемия 10 мл/га и Теллура спектр № 2 в дозе 25 мл/га.

В настоящее время для повышения азотфиксирующей активности бобовых культур применяются не только препараты симбиотических микроорганизмов, но и биопрепараты ассоциативных азотфиксаторов. Такие микроорганизмы называют диазотрофами, так как они не только фиксируют азот, но и вырабатывают физиологически активные вещества (фитогормоны), ускоряющие рост и развитие растений, а также синтезируют антибиотики, пагубно влияющие на развитие почвенных патогенов. Использование препаратов, содержащих активные формы почвенных симбиотических или ассоциативных бактерий, позволяет улучшить минеральное питание и использование элементов питания из удобрений и почвы, а также повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам, а в ряде случаев снизить количество используемых пестицидов [5]. Поэтому оценка их влияния на минеральное питание сои является актуальным вопросом.

В связи с этим целью наших исследований являлась оценка влияния диазотрофных бактерий и микоризы на обеспеченность сои подвижными формами основных элементов минерального питания в условиях умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края.

Методика исследований. Опыт был заложен на учебно-опытном поле Алтайского ГАУ на черноземе выщелоченном среднемощном малогумусном легкосуглинистом [3]. Опытной культурой являлась соя сорта Надежда. Сорт выведен учеными Алтайского НИИСХ, относится к среднеспелому типу и адаптирован к условиям Западной Сибири. Посев проводили в третьей декаде мая, норма высева 600 тыс. шт./га семян, ширина междурядий 45 см. Опыт был заложен в 3-кратной повторности с рендомизированным расположением делянок, площадь делянки составляла 4 м^2. В день посева семена инокулировали препаратами азотфиксирующих микроорганизмов: ризоторфин, мизорин, микориза. Инокуляцию семян проводили в условиях затенения, что требует инструкция [5]. Доза препаратов составляла 300 г на гектарную норму семян. Схема опыта включала варианты отдельного использования препаратов и тройное сочетание с ризоторфином. Также использовали молибден в виде молибденово-кислого аммония как отдельно, так и в сочетании с ризоторфином. Доза молибдена составляла 4 г на гектарную норму семян. Агротехнические работы проводили вручную. Для оценки использовали общепринятые методики [4, 6].

Почвенный участок характеризовался следующими параметрами: содержание гумуса 3,5% — низкое. Содержание нитратного азота очень низкое. Количество подвижных элементов фосфора и калия повышенное [3].

В опыте использовали препараты симбиотических и ассоциативных диазотрофных бактерий. Ризоторфин, содержащий активные штаммы симбиотических бактерий рода Rhizobium japonicum; мизорин с чистой культурой ризосферных бактерий рода Artrobacter mysorens; препарат микориза, содержащий споры и мицелий грибов штамма Glomus. Препараты предоставлены нам НИИ сельскохозяйственной микробиологии.

Результаты исследования. На развитие культур и использование элементов питания особую роль оказывают погодные условия. За вегетационный период 2014 г. осадков оказалось в 1,3 раза больше среднемноголетних значений, и гидротермический коэффициент (ГТК) за весь вегетационный период ГТК*2* составил 1,27. Но распределение тепла и влаги было неравномерное, особенно в начале вегетации, что отрицательно сказалось на развитии сои. С начала сентября температура резко упала, и даже наблюдались заморозки, осадки усилились, и это удлинило созревание сои и неблагоприятно отразилось на урожайности.

В 2015 г. тепла было достаточно, наблюдалась слабая засуха, особенно в июне. Гидротермический коэффициент за май-июнь (ГТК*1*) составил 0,81, а ГТК*2*–0,89. Таким образом, метеорологические условия 2015 г. были более благоприятными для формирования биомассы сои.

Содержание нитратного азота в онтогенезе сои изменялось в зависимости от условий среды, фазы развития сои и использования диазотрофных бактерий. Оно было очень низким и лишь в некоторых случаях переходило в группу низкой обеспеченности. В условиях 2015 г. содержание нитратного азота было ниже, чем в 2014 г., что, вероятно, связано с более значительным выносом, особенно в фазу зеленых бобов. Наибольшее количество нитратов в онтогенезе отмечено в фазу бутонизации. Затем их количество снижается, что связано с увеличением потребления его культурой. Повышение подвижного нитратного азота в фазе полной спелости, вероятно, может быть связано с усилением мобилизации опада к концу вегетации. Наибольшее содержание нитратов отмечалось на вариантах с использованием ризоторфина, что можно объяснить активизацией почвенной микрофлоры вследствие внесения ризобий. На вариантах ризоторфин (7,4–12,6 мг/кг), ризоторфин в сочетании с мобилином и микоризой (7,8–12,8) и ризоторфин+Мо (7,7–15,5 мг/кг) их количество соответствовало низкой группе обеспеченности [1]. Отдельное использование микоризы большого влияния на обеспечение сои подвижным нитратным азотом не оказала, лишь в некоторых случаях отмечалось их повышение (табл. 1). Во все фазы развития отмечается тесная связь содержания нитратного азота с урожайностью сои. Коэффициент корреляции составляет r=0,60–0,79, за исключением фазы зеленых бобов в 2015 г.

Количество доступного фосфора в онтогенезе сои согласно классификации [1] было от повышенного до очень высокого. В условиях 2014 г. оно было несколько выше, чем в 2015 г. (табл. 1), что может

быть связано со слабым развитием сои и малым выносом. Более значительно повышается количество подвижного фосфора на варианте микориза и совместном ее использовании с ризоторфином и мизорином, что, вероятно, связано с активацией фосформобилизирующих бактерий, которую обеспечивает микориза. Оно возрастало до 200–216 мг/кг против 45,0–64,0 мг/кг на контроле, т. е. в 4,5 раза. Связь урожайности сои с содержанием подвижного фосфора по годам изменяется. В более увлажненный период она очень слабая в фазу зеленых бобов (2014 г.), а в фазу бутонизации и полной спелости средняя по тесноте r=0,55–0,61. При меньшем количестве осадков связь средняя в фазу бутонизации и зеленых бобов и очень слабая в фазу полного созревания.

Содержание обменного калия в условиях 2014 г. было несколько выше. В оба года исследований от инокуляции сои биопрепаратами содержание обменного калия увеличивалось и более высокое отмечалось на варианте ризоторфин + мизорин + микориза в увлажненный год до 115,0–132,5 мг/кг, в более засушливый — до 67,5–90,0 мг/кг. Содержание подвижного калия согласно классификации [1] было на уровне от среднего до повышенного. В оба года в фазу зеленых бобов отмечалась слабая коррелятивная связь урожайности сои с содержанием обменного калия (r = 0,48 – 0,49), а в фазу бутонизации и полного созревания тесная (r = 0,79 – 0,85).

Таблица 1

Содержание подвижных элементов питания в онтогенезе сои при использовании диазотрофных бактерий и микоризы, мг/кг почвы

Вариант	2014 г.								
	бутонизация			зеленые бобы			полная спелость		
	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O
Контроль	8,5	143,5	55,0	2,3	124,0	64,0	3,9	156,0	50,0
Ризоторфин	12,6	200,0	100,0	10,7	168,0	90,0	7,4	165,0	75,0
Мизорин	9,6	170,0	90,0	3,5	127,5	60,0	6,2	170,0	77,5
Микориза	9,1	150,0	95,0	2,2	216,0	56,0	7,1	175,0	72,5
Ризоторфин + мизорин + микориза	12,6	200,0	115,0	12,8	150,0	122,0	7,8	216,0	132,5
Mo	5,0	170,0	77,5	2,8	140,0	74,0	6,2	156,0	70,0
Ризоторфин + Mo	15,5	180,0	105,0	10,4	120,0	66,0	7,7	156,0	77,5
Корреляция с урожайностью (r)	0,71	0,55	0,86	0,72	0,06	0,48	0,79	0,61	0,79
	2015 г.								
Контроль	5,0	150,0	55,0	2,8	124,0	50,0	4,4	165,0	45,0
Ризоторфин	10,2	165,0	70,0	3,5	143,0	78,0	6,9	201,0	55,0
Мизорин	9,1	140,0	67,5	2,8	120,0	62,0	6,2	165,0	50,0
Микориза	8,0	180,0	60,0	2,4	122,0	58,0	6,3	145,0	55,0
Ризоторфин + мизорин + микориза	12,6	200,0	80,0	3,5	152,5	90,0	6,6	216,0	67,5
Mo	7,1	150,0	55,0	2,9	135,0	60,0	3,5	144,0	55,0
Ризоторфин + Mo	7,8	165,0	60,0	2,8	143,0	62,0	6,9	144,0	70,0
Корреляция с урожайностью (r)	0,60	0,71	0,51	0,05	0,46	0,49	0,76	0,13	0,85

Инокуляция семян сои препаратами диазотрофов отразилась на урожайности (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сои при инокуляции диазотрофными азотфиксаторами

Вариант	Урожайность, т/га			Прибавка, 2014–2015 гг.	
	2014 г.	2015 г.	среднее	т/га	%
Контроль	0,76	1,11	0,94	—	—
Мизорин	0,84	1,30	1,07	0,13	13,8
Микориза	0,86	1,33	1,09	0,15	15,9
Ризоторфин	0,90	1,49	1,19	0,25	26,6
Ризоторфин + мизорин + микориза	1,05	1,56	1,30	0,36	38,3
Mo	0,82	1,19	1,01	0,07	7,4
Ризоторфин + Mo	1,03	1,58	1,31	0,37	39,4
$НСР_{05}$	0,12	0,08	—	—	—

В условиях 2014 г. вследствие высокой влажности и затянутого периода созревания урожайность сои была низкой и составляла 0,76–1,05 т/га, а в благоприятных условиях 2015 г. она была выше — 1,11–1,58 т/га. Обработка молибденом повышала урожайность сои, но прибавка была в пределах ошибки опыта. Действие препаратов диазотрофов достоверно увеличивало урожайность. В среднем за два года исследований урожайность сои на контроле составила 0,94 т/га, прибавка от биоудобрений 0,13–0,37 т/га. Наибольшая урожайность отмечена на варианте ризоторфин + молибден и совместном сочетании ризоторфина с мизорином и микоризой. Она составила 1,31 и 1,30 т/га соответственно, что выше контрольного на 39,4 и 38,3%.

Заключение. Инокуляция диазотрофными микроорганизмами повышает содержание подвижных нитратов в ризосфере сои до 12–15 мг/кг почвы, также переводит содержание подвижного фосфора в категорию высокой и очень высокой обеспеченности (150–200 и более мг/кг), а количество обменного калия — в группу повышенной обеспеченности до 122–200 мг/кг почвы. Более высокое содержание доступных элементов питания отмечено на варианте комплексного использования ризоторфина с диазотрофами. Отдельное использование диазотрофов в препарате мизорин обеспечивало сою подвижными формами азота, фосфора и калия выше контрольных значений, но несколько меньше по сравнению с симбиотрофами. Микориза в большей степени влияет на обеспечение сои подвижными формами фосфора, но более значительно содержание этого элемента повышается при сочетании микоризы с ризоторфином и мизорином до 200–216 мг/кг.

Препараты диазотрофов достоверно повышают урожайность сои на 0,13–0,37 т/га, или 13,8–39,4%. Отдельное использование молибдена не дает достоверного повышения урожайности, а его совместное сочетание более эффективно. Совместное использование ризоторфина с диазотрофами и микоризой показывает наибольшее увеличение урожайности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонова О. И. Агрохимия : практикум. — Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2018. — 80 с.

2. Антонова О. И., Власова Т. А. Эффективность некорневых обработок сои биологически активными веществами в условиях подгорных равнин Салаира // Аграрная наука — сельскому хозяйству : матер. III Международной научн.-практич. конф. — Барнаул, 2008. — Кн. 1. — С. 24–26.

3. Бурлакова Л. М., Татаринцев Л. М., Рассыпнов В. А. Почвы Алтайского края : уч. пособие. — Барнаул : Алт. СХИ, 1988. — 75 с.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

5. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. — М. : Изд-во ВНИИА, 2005. — 302 с.

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. — М. : Калининская обл. тип., 1989. — Вып. 2. — 194 с.

7. Литвинцев П. А., Шотт П. Р. Потребление азота соей в зависимости от уровня симбиотической азотфиксации // Аграрная наука — сельскому хозяйству : матер. III Международной научн.-практич. конф. — Барнаул : Изд-во АГАУ, 2008. — Кн. 1. — С. 102–104.

8. Курсакова В. С., Ступина Л. А., Бобенко Е. И. Влияние препаратов симбиотических азотфиксирующих бактерий на фоне минеральных удобрений на урожайность сои в условиях колочной степи Алтайского края // Аграрная наука — сельскому хозяйству : матер. IX Международной научн.-практич. конф. — Барнаул : РИО АГАУ, 2014. — Кн. 2. — С. 152–154.

9. Ступина Л. А., Мосина А. С. Влияние карбоксиметилированных препаратов и ризоторфина на микробиологическую активность черноземов Приобской лесостепи и симбиотическую активность сои // Вестник КрасГАУ, 2016. — № 3. — С. 84–89.

УДК 631.8.022.3

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭМ–ПРЕПАРАТА НА УРОВЕНЬ МИКРОБНОГО ТОКСИКОЗА ПОЧВОГРУНТОВ

Н. В. Фомина

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

Изучено действие биологически активного препарата Байкал ЭМ-1 на уровень накопления микробного токсикоза. Общая цель работы выявить изменения, происходящие в почвогрунте под влиянием комплекса бактерий с разными жизненными стратегиями, входящими в состав препарата. Опыты проводили в тепличных условиях при выращивании раннеспелых сортов перца, адаптированных к условиям Сибири. Оценка уровня микробного токсикоза почвогрунтов разного состава проведена с помощью метода фитотестирования. Описана возможность использования препарата Байкал ЭМ 1 для улучшения биохимических показателей искусственных почвогрунтов.

Ключевые слова: почвогрунты, микробный токсикоз, ЭМ-препарат, эффективные микроорганизмы, тест-культура

Введение. Исследование действия микрофлоры на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур сформировало направление экологизированного земледелия. В его основе лежит создание препаратов на базе микроорганизмов с разными жизненными стратегиями. Биологически активные препараты с направленностью действия по улучшению уровня почвенного плодородия в результате работы эффективных микроорганизмов обозначены как ЭМ-препараты [1–3].

Действительно, отрасль по выращиванию рассады овощных культур в тепличных условиях требует значительного количества материала с выходом на минимальной площади. Добиться этого возможно только путем применения современных технологий выращивания овощных культур, к ним и относится применение препаратов на основе эффективных микроорганизмов [7, 8].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлись искусственные почвогрунты, рекомендованные для получения рассады перца:

первый опытный почвогрунт — низинный торф, доломитовая мука, карбамид, двойной гранулированный суперфосфат, калий сернокислый, микроудобрения;

второй опытный почвогрунт — смесь низинного и верхового торфа 1:1, биогумус, суперфосфат, калий сернокислый, микроэлементы;

третий опытный почвогрунт — низинный торф, вермикулит, макро- и микроэлементы;

четвертый опытный почвогрунт — дерновая земля, листовой перегной и песок.

Все испытания проведены в тепличных условиях при температуре 21–24 °С, влажности — 70–80%. В грунты высевали раннеспелые сорта перца «Атлант» и «Сибирский формат» [4, 5].

В качестве комплексного микробиологического удобрения использовали препарат Байкал ЭМ-1 как альтернативу минеральным удобрениям. В его состав в качестве основы входят молочнокислые бактерии, пурпурные несерные бактерии, сахаромицеты, т. е. микроорганизмы с разными жизненными стратегиями. Препарат вносили в почвогрунт после разбавления рабочего раствора Байкал ЭМ-1 в концентрации 1:100, норма внесения препарата 1 л/м^2. Контролем являлся почвогрунт без обработки препаратом. Отбор проб почвогрунта проводился по диагонали согласно ГОСТу 17.4.3.01–83.

Определение микробного токсикоза почвы проводили в чашках Петри путем индукции развития патогенной микрофлоры крахмалом. Почву помещали в чашки Петри, создавая вариант «почвенной пластины» не более 30 г. В качестве тест-культуры использовали семена кресс-салата. Через неделю определяли всхожесть семян тест-культуры. Оценку уровня токсичности проводили согласно градациям, определенным в указаниях. При этом *низкая* степень токсичности присваивалась вариантам, когда всхожесть семян тест-культуры составляла 76% и выше, *средняя* степень токсикоза — если всхожесть укладывалась в параметры от 50 до75%, *высокая* — если всхожесть была 49% и ниже соответственно.

Результаты исследований. В почвогрунтах, используемых в теплицах, часто создаются условия по развитию фитопатогенной микробиоты. Контролировать ее присутствие без соответствующего оборудования не всегда представляется возможным. Микробная токсичность является первой причиной гибели рассады овощных или цветочных культур. Существует экспресс-метод определения микробиологической токсичности почвогрунта путем индукции развития микрофлоры после внесения дополнительного субстрата. Данный метод был адаптирован к работе по изучению уровня микробного токсикоза, потенциально выявляемого путем внесения в качестве субстрата на почвенную пластику крахмала либо в сухом виде, либо в виде 1-го водного раствора [9].

Исследования, проведенные ранее по оценке эффективности работы препарата Байкал-ЭМ 1, показали достоверное улучшение агрохимических показателей почвогрунта и улучшение ростовых характеристик рассады перца [6].

Оценка уровня микробного токсикоза почвогрунтов разного состава позволила выявить следующие особенности: максимальные показатели всхожести семян тест-культуры без обработки биологическим препаратом фиксировались у первых трех исследуемых почвогрунтов — 94–98%, а самые низкие значения отмечались в последнем опытном почвогрунте — лишь 92% (см. табл.).

По уровню обеспеченности питательными элементами слабым является почвогрунт с составом: дерновая земля, листовой перегной и песок. В нем установлен и высокий уровень накопления микробиологических токсинов, при этом всхожесть семян тест-культуры составила лишь 45%. Необходимо отметить, что все исследуемые почвогрунты имели низкую исходную токсичность, следовательно, пригодны для выращивания рассады овощных, цветочных культур в тепличных условиях. В ходе проведения опыта установлена четкая тенденция увеличения показателей всхожести семян тест-культуры во всех исследуемых вариантах почвогрунта после обработки субстратов ЭМ-препаратом.

Показатели всхожести и оценка уровня микробного токсикоза почвогрунтов после применения ЭМ-препарата,%

Номер почвогрунта (вариант опыта)		Всхожесть семян тест-культуры без субстрата,%	Всхожесть семян тест-культуры (индукция крахмалом), %	Уровень токсичности без субстрата	Уровень токсичности после внесения субстрата
1*	Без применения препарата	94,0±1,7	68,0±1,3	Низкая	Средняя
	С применением препарата	96,0±0,9	75,0±1,2	Низкая	Низкая
2	Без применения препарата	98,0±2,0	42,0±1,4	Низкая	Высокая
	С применением препарата	92,0±1,4	68,0±1,2	Низкая	Средняя
3	Без применения препарата	95,0±0,5	55,0±2,3	Низкая	Средняя
	С применением препарата	98,0±1,1	62,0±1,3	Низкая	Средняя
4	Без применения препарата	92,0±1,5	45,0±1,2	Низкая	Высокая
	С применением препарата	96,0±1,6	50,0±1,6	Низкая	Средняя

Примечание: * — варианты почвогрунта описаны в разделе «Объекты и методы исследований».

Однако второй опытный почвогрунт (смесь низинного и верхового торфа 1:1, биогумус, суперфосфат, калий сернокислый, микроэлементы), имея высокие исходные значения всхожести семян тест-культуры после его индукции крахмалом, проявил высокий уровень микробного токсикоза. Применение ЭМ-препарата в данном случае, как и в четвертом варианте (дерновая земля, листовой перегной и песок), уменьшило токсичность с высокого уровня до среднего. Лучшие показатели по снижению уровня микробиологической токсичности определены также и в первом опытном варианте почвогрунта (низинный торф, доломитовая мука, карбамид, двойной гранулированный суперфосфат, калий сернокислый, микроудобрения). Активность снизилась от средней до низкой, при этом всхожесть составила 68 и 75% соответственно. Исследуемый ЭМ-препарат Байкал-ЭМ1 увеличивает доступность элементов питания для растений, повышая их устойчивость к заболеваниям.

Заключение. Важно определить общеэкологическое действие препарата, особенно используя разносоставные почвогрунты. Необходимо устанавливать целесообразность применения комплексных микробных удобрений. Использование оптимального по составу почвогрунта в теплицах важно как для экономии средств защиты рассады от вредителей и болезней, так и для компенсации дефицита питательных элементов и их расхода. Это дает возможность снизить дозы минеральных удобрений без снижения продуктивности растений. Следовательно, состав почвогрунта определяет интенсивность микробиологических процессов. Базовые компоненты, такие как торф, минеральные удобрения, биогумус, значительно увеличивают показатели активности гидролитических ферментов и снижают уровень микробного токсикоза. Это отчетливо проявилось в вариантах с применением почвогрунта без удобрений и вермикулита, в частности, в комбинации дерновая земля, листовой перегной и песок 1:1:1. Использование ЭМ-препарата Байкал-ЭМ1 снижает уровень микробного токсикоза, независимо от состава почвогрунта, что определяет его экологическую и защитную функцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блинов В. А., Блинова Н. В. Изменение состава почвы под влиянием эффективных микроорганизмов : материалы Всероссийской научн.-практич. конф., посвященной 60-летию высшему аграрному образованию Северо-Востока Нечерноземья. — Саратов, 2004. — 55 с.

2. Кириллов Н. А, Чернов А. В. Получение экологически чистой продукции путем использования комплекса микроорганизмов : материалы научн.-практич. конф., посвященной 55-летию Пензенской ГСХА. — Пенза, 2006. — С. 38–41.

3. Костенко В. А., Костенко В. К. Костенко В. А. Концепция экологичных систем земледелия с применением микробиологических препаратов // Биологические препараты. Сельское хозяйство. Экология: практика применения. — М., 2008. — 296 с.

4. Пакулова О. К. Практические рекомендации по применению ЭМ-технологии в растениеводстве, 2001. — № 3. — С. 8–10.

5. Патыка В. Ф. Микробные биотехнологии в современном растениеводстве // Биотехнология: состояние и перспективы развития : материалы II Московского междунар. конгресса, 10–14 ноября 2003 г., Москва. — М. : ЗАО «ПИК «Максима», 2003. — С. 219.

6. Фомина Н. В. Анализ изменения некоторых параметров биологической активности почвогрунтов разного состава после использования микробиологического биопрепарата // Молодые ученые в решении актуальных проблем : сб. статей III Международной научн.-практич. конф. Ч. 1. — Владикавказ, 2012. — С. 450–453.

7. Шаблин П. А. Эффективные микроорганизмы // Надежда планеты. — М., 2000. — 234 с.

8. Юрченко В. А. Микробиологические технологии — экологическая альтернатива химизации сельского хозяйства // Надежда планеты, 2001. — № 3. — С. 3–5.

9. Fomina N. V. Phytotesting and environmental assessment of soil in the greenhouse complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. — Vol. 548. — P. 022–081. DOI:10.1088/1755–1315/548/2/022081.

УДК 633.815 (571.150)

БЕЛАМКАНДА КИТАЙСКАЯ (*BELAMCANDA CHINENSIS* (L.)) В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Н. В. Чернецова, Л. А. Ступина

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В условиях умерено засушливой степи Алтайского края изучена адаптационная способность интродуцированной беламканды китайской. Установлено, что она отличается низкой зимостойкостью. Формирует лекарственное сырье (корневища) на второй год жизни до 25,67 г/м^2 в сыром виде, и до 14,02 г/м^2 в сухом. На третий год вегетации сырьевая продуктивность составляет в сыром виде 85,22 г/м^2, а в сухом 23,75 г/м^2. Беламканда китайская во второй год вегетации зацветает, но полноценных семян не формирует. Полноценные семена формируются на 3–4 год вегетации. Семенная продуктивность составляет 25–32 кг/га.

Ключевые слова: беламканда китайская, фенологические наблюдения, лекарственное сырье, сырьевая продуктивность, семенная продуктивность, Алтайский край

Введение. Народная медицина всегда является особым средством противостояния различным заболеваниям. Поиск альтернативных средств лечения различных заболеваний важно для человека и традиционной медицины. Фитотерапия набирает все больше поклонников, так как препараты растительного происхождения действуют постепенно, без серьезных побочных эффектов. Оценка развития перспективных видов в условиях интродукции актуальна в наши дни.

Беламканда китайская (*Belamcanda chinensis (L.))* относится к семейству Ирисовых (Iridaceae). Является многолетним корневищным растением, травянистое. Корневище очень мощное, мясистое, несет несколько побегов. В России встречается на юге Приморского края. Главное ее место произрастания Япония, Китай и Северная Индия. Растет на песчаных лугах у моря. В условиях Китая беламканда китайская зацветает в мае-июне, а в июле-августе можно собирать семена, они уже созревают. В качестве лекарственного сырья рекомендуют использовать корневища, которые должны быть высушены. Корневища содержат различные биофлавоноиды: беламкандин, иридин и другие, а также ксантон и мангиферин [3]. Лекарственное сырье беламканды китайской используют для приготовления настоев и препаратов, снижающих жар, боль. Она оказывает противовоспалительное, отхаркивающее, потогонное, слабительное, мочегонное, противогрибковое, антитоксическое свойство, может стимулировать менструацию. Способствует заживлению язв в горле, вызванных ангиной, удаляет мокроту [3]. Поэтому беламканда китайская (*Belamcanda chinensis (L.))* представляет значительный интерес для культивирования в условиях Алтайского края.

Целью исследований являлось изучение адаптивных свойств к засушливым условиям Алтайского края интродуцированной беламканды китайской.

Методика исследования. На опытном поле Алтайского государственного аграрного университета были посеяны семена беламканды китайской в мае 2017 г. [5]. Посев проводили вручную, глубина посева 1,5–2,0 см, ширина междурядий 45 см, общая площадь размещения вида 84 м^2. За ростовыми процессами вели наблюдения, оценивая динамику прироста и формирования различных органов, а также наступление фенологических фаз развития [2]. Отмечали прирост лекарственного сырья и семенной продуктивности.

Климатические условия опытного участка характеризуются резкой континентальностью климата и относятся к умеренно засушливым [1], почва — чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный легкосуглинистый.

Вегетационные периоды отличались по климатическим условиям: 2017 г. был увлажненным и благоприятным для роста и развития беламканды. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май-июнь 1,09, что чуть ниже нормы, а ГТК май-август 1,46, что выше среднемноголетнего. Первый год жизни,

а особенно зимний период, является важным в обеспечении жизнедеятельности лекарственных растений, поэтому его оценка имеет значение. Зимний период 2017/18 г. можно считать нетипичным для условий умеренно-засушливой степи Алтайского края и экстремальным для перезимовки многолетних лекарственных растений. Осадков было мало. В феврале высота снежного покрова не превышала 10 см, частые оттепели с последующими заморозками могли значительно усугубить зимостойкость растений.

Начало вегетационного периода 2018 г. отличалось хорошим увлажнением при низких температурах, что могло сдерживать рост беламканды. ГТК за май-июнь 2,29, что в 2 раза выше нормы. Вторая половина вегетации проходила при средней и сильной засухе. В целом вегетационный период по условиям тепла и влаги оказался на уровне среднемноголетних значений, ГТК май-август составил 1,18, что чуть выше среднемноголетнего (1,05).

В 2019 г. май был засушливым, а июнь увлажненным. ГТК за май-июнь составил 0,89, что оценивается как засушливое состояние. Вторая половина вегетации также оказалась в засушливых условиях. В целом за вегетацию ГТК составил 0,74.

Вегетационный период 2020 г. характеризовался остро засушливым, осадков выпало в 2,5 раза меньше среднемноголетнего. Таким образом, условия засушливой степи Алтайского края являются экстремальными и очень сильно лимитируют ростовые процессы интродуцированных растений, в частности беламканды китайской.

Результаты исследования. Растение беламканды китайской имеет голые стебли. Листья ланцетовидной формы, ширина листа в широкой части достигает 15–20 мм. Соцветие разветвленное, почти дихотомическое, раскидистое, несет от 3 до 12 цветков. Высота цветоносов достигает 110 см. В основании соцветия у разветвленной его части находится укороченный зеленый лист, а листочки прицветников имеют перепончатое, кожистое строение. Цветоножки с сочленением у верхушки, их длина достигает 15–20 мм. Венчик из 6 сросшихся лепестков, имеющих красновато-бурую или желтоватую окраску. Плод — коробочка с крупными, шаровидными семенами [3].

Семена беламканды китайской в год посева всходили очень долго (40–45 дней) и растянуто [4]. Всходы были крепкие, растения набирали в росте постепенно. Средняя высота растений к концу вегетации составила 27,5 см (рис. 1). Растения ушли в зиму в фазе розетки листьев (таблица 1).

Беламканда к концу вегетации 2017 г. сформировалась со следующими размерами в среднем: длина корня 11,44 см, количество корней 6,64 шт., количество листьев 5,40 шт., сырая масса растения 3,85 г, сухая 0,60 г.

Рис. 1. Беламканда китайская, первый год вегетации (2017 г.)

Рис. 2. Беламканда китайская, третий год вегетации (2019 г.)

Рис. 3. Беламканда китайская, четвертый год вегетации (2020 г.)

За зиму (2017/18 гг.) беламканда китайская сохранилась очень плохо. На заложенных метровых отрезках она не сохранилась. Всего на участке 84 м^2 взошло в 2018 г. 47 растений, но в течение лета семена всходили и к концу второго года жизни их ушло в зиму 114 шт. Те растения, которые сохранились, отрастали медленно, но взошли растения из семян, высеянных в 2017 г., т. е. семена беламканды имеют способность сохраняться в почве очень долго.

Весной 2018 г. отрастание беламканды началось очень поздно, с середины мая. Активное нарастание листового аппарата началось в июне. Появились растения, которые выросли из сохранившихся в почве семян. По высоте они практически догнали отросшие и перезимовавшие растения, но к цветению не перешли. А побеги, которые отросли из заложенных в прошлом году почек, перешли к цветению, но полноценных семян не сформировали (табл. 1).

Таблица 1

Фенологические фазы беламканды китайской

Фаза развития	Дата наступления фазы	Продолжительность фазы, дни	Дата наступления фазы	Продолжительность, дни
Начало всходов	29.06.17	40–45	—	—
Полных всходов	3.08.17	30–35	—	—
Рост листьев	16.08.17 (до конца вегетации)	70–75	—	—
Весеннее отрастание	18.05.18	20–25	12.05.2019	10–15
Рост листьев	17.06.18	30–35	27.05.2019	45–50
Бутонизация	1.08.18 (единичное 3 шт.)	15–20	18.07.2019	10–15
Цветение	17.08.18 (единичное 3 шт.)	15–20	29.07.2019	10–12
Массовое цветение	—	—	09.08.2019	10–12
Формирование семян	7.09.18	30–32	23.08.2019	10–15
Созревание	—	—	10.09.2019	15–20
Полное созревание	—	—	29.09.2019	—

Первые бутоны появились в начале августа, массовое цветение наступило в середине августа. Поэтому можно сказать, что условия резко континентального засушливого климата затягивают фазы развития беламканды, особенно отрастание и цветение, что замедляет накопление сахаров и в дальнейшем созревание семян.

Высота растений беламканды, которые перешли к цветению, вместе с цветоносом составляла 80–85 см (рис. 2–4).

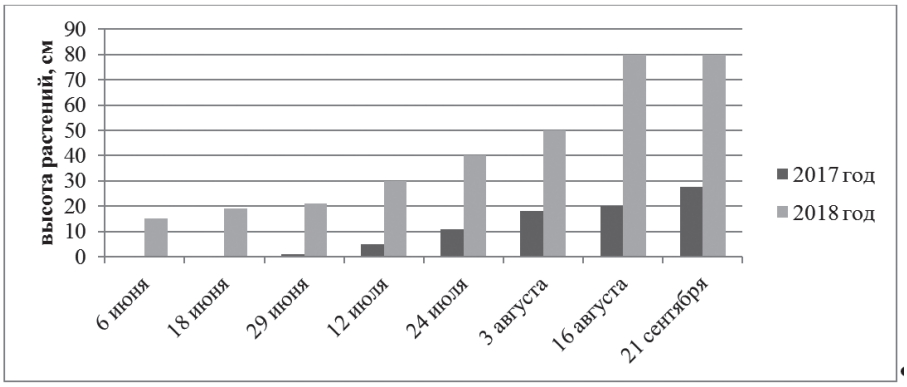


Рис. 4. Динамика нарастания беламканды китайской, 2017–2018 гг.

В третий год вегетации (2019 г.) бутонизация и цветение начались на 10–15 дней раньше предыдущего года. Осень была достаточно теплой и длинной, поэтому семена беламканды китайской успели сформироваться, но созревание их было на 75–80%.

Формирование лекарственного сырья у беламканды (корневище) длится 2–3 года. При вегетации в 2018 г. беламканда китайская сформировала подземную часть со следующими параметрами: средняя сухая масса корней 10,3 г/растение (табл. 2). Если учесть, что на 1 м. п. беламканды будет 7,5 шт. (схема посева 45×15 см), а на 1 м^2 — 22,5 растения, то на второй год вегетации может сформироваться 231,75 г/м^2, или 2,3 т/га. В нашем случае на второй год вегетации сформировалось сырой массы корневищ 25,67 г/м^2, а сухой 14,02 г/м^2, так как много выпало растений и густота стояния была очень редкой (114 растений/84 м^2). На третий год вегетации сырой массы корневищ сформировалось 85,22 г/м^2, а сухой 23,75 г/м^2.

Таблица 2

Параметры вегетативных органов беламканды китайской

Год	Длина корня, см	Толщина (диаметр) корня, см	Высота цветоноса, см	Длина листьев, см	Количество листьев, шт.	Количество побегов, шт.	Масса надземной части, г		Масса подземной части, г	
							сырая	сухая	сырая	сухая
2018	14,3	3,1	30,3	39,0	14,9	3,1	33,0	12,8	18,9	10,3
2019	16,1	7,2	84,2	44,3	43,2	4,5	79,3	18,1	62,8	17,5

Семенная продуктивность беламканды китайской на третий год вегетации составила 2,5 г/м^2, или 25 кг/га. На четвертый год вегетации (2020 г.) — 3,2 г/м^2, или 32 кг/га.

Выводы. Умеренно засушливые условия Алтайского края для беламканды китайской являются экстремальными, она отличается низкой зимостойкостью и плохо переносит зимний период. Во второй год вегетации формирует подземную массу корней (лекарственное сырье) 25,67 г/м^2, а сухой — 14,02 г/м^2. На третий год вегетации сырьевая продуктивность составляет в сыром виде 85,22 г/м^2, в сухом 23,75 г/м^2. Беламканда китайская во второй год вегетации зацветает, но полноценных семян не формирует. Полноценные семена формируются на 3–4 год вегетации. Семенная продуктивность составляет 25–32 кг/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурлакова Л. М. Татаринцев Л. М., Рассыпнов В. А. Почвы Алтайского края. — Барнаул, 1988. — 72 с.

2. Майсурадзе Н. И. Методика исследований при интродукции лекарственных растений. — М. : Колос, 1984. — 87 с.

3. Природное сырье китайской медицины / А. И. Шретер, Б. Г. Валентинов, Э. М. Наумова. Т. 1. URL: http://www.chinamed.ru/book/book_view. php?nn_herb=23.

4. Ступина Л. А., Чернецова Н. В. Всхожесть интродуцированных семян лекарственных растений в условиях умеренно засушливой степи Алтайского края // Аграрная наука — сельскому хозяйству : сб. матер. XIII Международной научн.-практич. конф. (15–16 февраля 2018 г.). — Барнаул : РИО Алт. ГАУ, 2018. — Кн. 1. — С. 424–425.

5. Чернецова Н. В., Ступина Л. А. Опыт выращивания интродуцированных лекарственных растений в условиях умеренно засушливой степи Алтайского Приобья // От биопродуктов к биоэкономике : матер. II межрегион. научн.-практич. конф. (с междунар. уч.). — Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. — С. 271–274.

ЛЕСНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ: ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ

УДК 582.475.2:630

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ФИТОМАССЫ СЕЯНЦАМИ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

К. А. Башегуров, Е. В. Жигулин, А. С. Оплетаев, А. Е. Осипенко

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия

На основании исследований фитомассы сеянцев лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dylis) проанализирована эффективность двух способов полива сеянцев с закрытой корневой системой, выращиваемых в теплицах. Установлено, что при нижнем поливе (подтоплении) масса сеянцев меньше, чем при верхнем поливе. Однако они достигают стандартных размеров в обоих вариантах опыта. Учитывая меньший расход воды на поливы и замкнутый цикл ее использования, можно сделать вывод, что нижний полив обеспечивает снижение себестоимости выращиваемых сеянцев и экологичность производства.

Ключевые слова: посадочный материал, лиственница Сукачева, сеянцы, верхний полив, нижний полив, фитомасса

Введение. Одной из наиболее быстрорастущих древесных пород, формирующих высокопроизводительные устойчивые насаждения, является лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dylis) [1]. Особенно эффективно внедрение лиственницы в состав древостоев в качестве примеси к другим породам-лесообразователям. Формируя верхний полог древостоя, лиственница существенно повышает производительность насаждений. Создавая плотный опад из мелкой хвои, лиственница Сукачева препятствует распространению низовых пожаров, а из-за повышенной влажности живой хвои и рыхлости кроны она переводит верховые пожары в низовые. Другими словами, полосы из лиственницы Сукачева могут служить надежными противопожарными барьерами [2, 3].

Лиственница Сукачева устойчива к неблагоприятным климатическим и лесорастительным условиям, что позволяет использовать ее при лесоразведении в степных условиях [4, 5], а также на участках, где древостои других древесных пород погибли в результате поражения бактериальной водянкой [6]. Нельзя не отметить, что экземпляры лиственницы, в отличие от других древесных пород, редко повреждаются дикими копытными животными [7]. Следовательно, увеличение доли лиственничных древостоев является одним из надежных направлений повышения продуктивности лесов [8].

В то же время по причине высокого светолюбия подрост лиственницы Сукачева не накапливается под пологом насаждений других пород. Лиственница требует перекрестного опыления, при этом относительно тяжелая пыльца не распространяется на большие расстояния ветром, что затрудняет опыление и объясняет высокую долю пустых семян даже при наличии биогрупп лиственницы Сукачева. Особо следует отметить, что существенный урон урожайности семян наносит лиственничная

муха. Таким образом, увеличение доли лиственницы в составе древостоев и тем более формирование естественных лиственничников на непокрытых лесной растительностью землях связано со значительными трудностями.

Увеличить площадь лиственничников можно созданием искусственных насаждений. Опыт создания высокопроизводительных лиственничников показал, что в благоприятных лесорастительных условиях в 55-летнем возрасте она формирует запас до 600 м^3/га [9, 10, 11]. Указанное свидетельствует о высокой перспективности создания искусственных лиственничниковых насаждений. Однако широкое внедрение лиственницы Сукачева в лесокультурную практику сдерживается недостатком семян. Проблема при этом может быть решена выращиванием посадочного материала лиственницы с закрытой корневой системой (ЗКС). Выращивание сеянцев с ЗКС существенно сокращает расход семян. Однако опыт выращивания сеянцев лиственницы Сукачева с ЗКС на Урале отсутствует, что и обусловило проведение наших исследований.

Цель исследования: установление динамики фитомассы сеянцев лиственницы Сукачева, выращиваемых с закрытой корневой системой.

В ходе исследований анализировалась фитомасса сеянцев по фракциям при выращивании их с закрытой корневой системой по технологиям с верхним и нижним поливом. На каждую анализируемую дату отбиралось по 10 сеянцев в каждом варианте опыта. Масса сеянцев по фракциям устанавливалась в свежесобранном и абсолютно сухом состоянии с точностью до 0,001 г. При этом для установления фитомассы сеянцев в абсолютно сухом состоянии каждая из фракций конкретных сеянцев высушивалась до прекращения изменения массы в термошкафах при температуре 105^{0}С.

Данные о динамике фитомассы сеянцев при верхнем и нижнем поливе приведены в таблице.

Динамика фитомассы сеянцев лиственницы Сукачева, выращиваемых в теплицах с закрытой корневой системой

Вариант полива*	Масса сеянцев по фракциям, г/%							
	Общая в свежем состоянии	В т.ч.			Общая в абсолютно сухом состоянии	В т.ч.		
		хвоя	стволик	корни		хвоя	стволик	корни
20.02.2021 г.								
Верх	0,020 100	Нет данных			0,007 100	Нет данных		
Низ	0,025 100	Нет данных			0,010 100	Нет данных		
02.03.2021 г.								
Верх	0,025 100	0,015 60	0,005 20	0,005 20	0,006 100	Нет данных		
05.03.2021 г.								
Верх	0,012 100	0,008 67	0,002 17	0,002 16	0,006 100	0,004 67	0,001 17	0,001 16
Низ	0,004 100	0,002 50	0,001 25	0,001 25	0,002 100	0,001 50	0,0 0,0	0,001 50
11.03.2021 г.								
Верх	0,064 100	0,045 70	0,015 22	0,005 8	0,012 100	0,008 67	0,002 17	0,002 16
7.04.2021 г.								
Верх	0,413 100	0,293 71	0,068 16	0,052 13	0,119 100	0,074 62	0,019 16	0,026 22
Низ	0,451 100	0,312 69	0,088 20	0,051 11	0,135 100	0,081 60	0,028 21	0,025 19
16.04.2021 г.								
Верх	1,047 100	0,588 56	0,192 18	0,267 26	0,234 100	0,147 63	0,045 19	0,042 18

Продолжение таблицы

Вариант полива*	Масса сеянцев по фракциям, г/%							
	Общая в свежем состоянии	В т. ч.			Общая в абсолютно сухом состоянии	В т. ч.		
		хвоя	стволик	корни		хвоя	стволик	корни
Низ	1,000 100	0,535 54	0,170 17	0,295 29	0,256 100	0,150 59	0,043 17	0,063 24
3.05.2021 г.								
Верх	3,013 100	1,845 61	0,452 15	0,716 24	0,555 100	0,360 65	0,099 18	0,096 17
Низ	1,790 100	1,165 65	0,412 23	0,212 12	0,241 100	0,183 41	0,105 24	0,153 35
3.06.2021 г.								
Верх	5,793 100	3,601 62	1,129 20	1,063 18	1,471 100	0,843 57	0,297 20	0,330 23

Примечание:* — верх — верхний полив; низ — нижний полив (подтопление).

Материалы таблицы свидетельствуют, что масса сеянцев при нижнем поливе (подтоплении) существенно меньше, чем при верхнем поливе. При этом при нижнем поливе больше масса корней в абсолютно сухом состоянии, что свидетельствует о лучшей приживаемости сеянцев, выращенных с нижним поливом, на лесокультурных площадях.

Особо следует отметить, что сеянцы как с верхним, так и нижним поливом достигли стандартных размеров. Последнее убедительно доказывает возможность применения нижнего полива при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой. Преимущество нижнего полива заключается в экономии воды и минеральных удобрений. Поскольку при нижнем поливе создается замкнутый цикл использования воды, исключается выбрасывание использованной воды на окружающие экосистемы. Кроме того, при подкормке питательные элементы, не использованные растениями при первом поливе, вновь подаются к ним, а не сливаются, чем решаются экологические и экономические проблемы.

Выводы

1. Выращивание сеянцев лиственницы Сукачева может производиться по технологиям с верхним и нижним поливом.

2. При нижнем поливе значительно меньше фитомасса сеянцев, однако они достигают стандартных размеров.

3. Динамика изменения фитомассы сеянцев с закрытой корневой системой при верхнем и нижнем поливе довольно близка, что свидетельствует о близких условиях роста.

4. Применение нижнего полива приводит к снижению себестоимости сеянцев за счет экономии воды и минеральных удобрений, а также улучшает экологическую обстановку вблизи теплиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Залесов С. В. Лесоводство. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. — 295 с.

2. Залесов С. В., Миронов М. П.. Обнаружение и тушение лесных пожаров. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. — 138 с.

3. Залесов С. В., Залесова Е. С., Оплетаев А. С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. — 67 с.

4. Крекова Я. А., Залесов С. В. Рост интродуцированных видов лиственницы (Larix Mill.) в Северном Казахстане // Международный научно-исследовательский журнал, 2018. — № 9 (75). — Ч. 2. — С. 21–25. doi: https: // doi. org / 10.23670/IRJ. 2018.75.9.028.

5. Крекова Я. А., Залесов С. В. Интродукция и акклиматизация хвойных в Северном Казахстане. — Нур-Султан, 2020. — 212 с.

6. Платонов Е. П., Данчева А. В., Залесов С. В. Замена березняков, пораженных бактериальной водянкой // Московский экономический журнал, 2019. — № 11. — С. 208–221.

7. Зюсько А.Я., Залесов С.В., Абрамова Л.П., Белов Л.А. Влияние зимних концентраций копытных на лесовозобновление на территории Анненского заказника // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2005. — № 3. — С. 20–26.

8. Луганский Н.А., Залесов С.В., Щавровский В.А. Повышение продуктивности лесов. — Екатеринбург : УЛТИ, 1995. — 297 с.

9. Залесов С.В., Юровских Е.В., Белов Л.А. и др. Рост лиственничных древостоев на бывших пашнях // Аграрный вестник Урала, 2015. — № 5 (135). — С. 50–54.

10. Zalesov S.V., Magasumova A.G., Opletaev A.S. Effectiiveness of larch stands creation on former agricultural lands // Ecological Agriculture and sustainable development: Research Development Center, 2019. — № 1. — P. 69–76.

11. Оплетаев А.С., Залесов С.В. Переформирование производных мягколиственных насаждений в лиственничники на Южном Урале. — Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. — 178 с.

УДК 630*24

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК УХОДА КОРИДОРНЫМ СПОСОБОМ В СУХОЙ СТЕПИ

В.А. Елизаров, А.А. Маленко, Е.М. Осипов

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В работе приводится описание наиболее распространенных способов ухода за лесными насаждениями естественного и искусственного происхождения, а также не применяемого ранее в ленточных борах коридорного способа. Полученные результаты показывают, что в 30-летнем возрасте на центральной и периферийной частях полос, оставляемых после рубки, отмирание деревьев, их рост по диаметру и высоте сильно различаются. Формирование загущенных лесных культур сосны, пройденных коридорным способом рубок ухода, представляют большой научно-практический интерес в деле выращивания устойчивых лесных насаждений в сухой степи.

Ключевые слова: сухая степь, рубки ухода, коридорный способ, формирование искусственных насаждений

Введение. Рубки ухода в ленточных борах Алтайского края получили некоторое развитие с 1934 г. Пятидесятые годы характеризуются значительным увеличением объема рубок ухода по видам (в молодняках, прореживания, проходные) и санитарных рубок. В последующие годы работы по уходу за лесом расширяются при одновременном сокращении объемов прочих рубок [1]. В равнинных лесах Алтайского края при проведении рубок ухода в естественных насаждениях применялись схемы с равномерным (селективным) изреживанием, в лесных культурах — линейным, селективным и линейно-селективным изреживанием [2], что не исключает возможность применения других способов, в том числе коридорного. Ранее коридорный способ получил глубокое научное обоснование и широкое практическое применение в лесах Европейского Севера [3], поскольку применяемая здесь экстенсивная форма ведения лесного хозяйства ограничивалась материальными и трудовыми ресурсами, не позволяющими осуществлять проведение рубок ухода равномерным способом. В ленточных борах ранее рубки ухода в молодняках коридорным способом не проводились.

Объекты и методы. Исследованное нами насаждение сосны представлено участком посевного отделения в постоянном лесном питомнике, посадочный материал которого оказался невостребованным и был оставлен на естественное выращивание. Так в жестких климатических условиях сухой степи и повышенной внутривидовой конкуренции стало формироваться загущенное насаждение, ис-

ходная густота которого в 2-летнем возрасте (по данным Тополинского лесхоза) составила около 700 тыс. сеянцев на 1 га.

В 13-летнем возрасте в насаждении лесничим Н. П. Голубиным была проведена сплошная вырубка посевных лент через одну. С учетом ширины ленты 0,9 м и закраек между соседними лентами по 0,5 м общая ширина образовавшихся коридоров составила 1,9 м.

Исследования проведены методом пробных площадей, которые закладывались согласно ОСТ 56–69–83 [4], и использования региональных лесоводственно-таксационных нормативов [5].

Результаты исследований. Исследования показали, что в 30-летнем возрасте густота в лентах посевов составила 50,25 тыс. шт./га, а в пересчете на общую площадь — 15,2 тыс. шт./га. Из этого количества на периферийной части лент (ширина 20 см), занимающих 44,4% площади лент, сохранилось 6,75 тыс. шт. сосны /га, а в центральной части лент (55,6% площади) — 8,45 тыс. сосны /га. Общее количество сухостойных деревьев сосны составило 5,1 тыс. шт./га, из которых на периферийной части лент — 1,2 тыс. шт./га, центральной части — 3,9 тыс. шт./га. Средний диаметр сухостоя составил 1,9 и 1,7 см соответственно.

Средний диаметр сырорастущей сосны оказался большим на периферийной части лент — 4,82±0,16 см, чем на центральной — 3,25±0,13 см, что подтверждается статистически $t=7,47>t_{0.05}=1,96$. Средняя высота сосны на периферийных участках составила 8,9 м, а в центральной части лент — 5,9 м. Высота лидирующих особей в различных частях лент практически не различается.

Выявленные нами особенности формирования загущенных сосновых молодняков следует рассматривать как проявление опушечного эффекта, что, по мнению И. С. Крепкого и Т. Н. Стихаревой (1986), связано с влагообеспеченностью местообитания и согласуется с результатами В. И. Рубцова (1954) и др. исследователей.

Выводы. Сплошная вырубка полос шириной 0,9 м с чередованием с не вырубленными полосами, проведенная в 13-летних посевах сосны, способствовала формированию благоприятных лесорастительных условий для дальнейшего роста оставшихся деревьев. В 30-летнем возрасте сосна, расположенная в центральной и периферийной частях на невырубленных полосах, различается показателями сохранности, роста по диаметру и высоте. Полученные результаты о росте и формировании загущенных насаждений сосны, пройденных коридорным способом рубок ухода, представляют научно-практический интерес в деле формирования устойчивых лесных насаждений в сухой степи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маленко А. А., Семенов М. И., Елизаров В. В. К вопросу о рубках ухода в ленточных борах Алтайского края // Вестник АГАУ, 2012. — № 12 (98). — С. 54–57.

2. Маленко А. А., Парамонов Е. Г., Ключников М. В., Ртищев С. Я. Технические указания по проведению рубок ухода в культурах светлохвойных пород в ленточных борах Алтайского края. — Барнаул : Изд-во АГАУ, 2009. — 22 с.

3. Луганский Н. А., Залесов С. В. Лесоводство, 2001.

4. ОСТ 56–69–83. Пробные площади лесоустроительные, метод закладки. — 59 с.

5. Сортиментные и товарные таблицы для лесов Казахстана. — Алма-Ата, 1987. — 228 с.

6. Крепкий И. С., Стихарева Т. Н. Травяная растительность в лесных культурах Аман-Карагайского бора // Вестник с.-х. науки Казахстана, 1986. — № 12. — С. 67–70.

7. Рубцов В. И. Опыт сгущенных посадок сосны в площадки // Ботан. журн., 1954. — Т. 39. — № 3. — С. 394–402.

УДК 582.475.4:630

СОДЕРЖАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭКСТРУДИРОВАННОЙ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ СОСНЫ

А. А. Маленко, М. И. Семенов, М. А. Савин

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

Авторами произведен химический анализ хвойно-витаминной кормовой добавки, полученной в результате экструзии древесной зелени сосны обыкновенной. В кормовой добавке из древесной зелени обнаружено высокое содержание каротина, которое снижается в первый месяц на 12,5% при хранении при комнатной температуре.

Ключевые слова: древесная зелень, сосна обыкновенная, химический анализ, каротин, хранение

Древесная зелень — специфический вид лесного сырья, в составе которого преобладают живые клетки хвои (листьев), молодых (паренхимных) побегов и коры. Живые растительные клетки содержат белки, углеводы, витамины, ферменты, желтые и зеленые пигменты, стерины, микроэлементы и другие вещества, которые необходимы для обеспечения жизнедеятельности растений, животных и человека. В связи с этим получение кормовых добавок на основе древесной зелени является актуальным, особенно с учетом возможности получать свежий продукт в течение всего года [8].

Содержание полезных элементов в хвое существенно колеблется в зависимости от ряда факторов: времени года, сроков хранения на лесосеке, способа переработки, условий хранения готового продукта и т.д. Многие исследования [4, 7, 8, 9, 10] подтверждают целесообразность использования лесоперерабатывающими предприятиями всей биомассы заготовленной древесины, включая кроновую часть, а в вопросе применения продуктов из древесной зелени в кормлении сельскохозяйственных животных отмечают положительный эффект [1, 2, 3, 5, 6, 11, 12].

С целью сохранения полезных свойств хвои, а также инактивации ингибиторов пищеварительного тракта, нейтрализации токсичных веществ, стерилизации корма, улучшения вкусовых качеств, декстринизации крахмала стал применяться способ производства хвойно-витаминной кормовой добавки с применением специально разработанной технологии, обеспечивающей измельчение и экструзию технической зелени.

Цель исследования — оценить содержание полезных элементов в хвойно-витаминной кормовой добавке из экструдированной древесной зелени сосны. В исследовании применялись методы, предусмотренные действующими стандартами: ГОСТ 13496.17–95. КОРМА. Методы определения каротина, ГОСТ EN 12823–2–2014. ПРОДУКТЫ ПИЩЕВЫЕ. Определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Часть 2. Измерение содержания бета-каротина и др.

При анализе содержания полезных элементов учитывались показатели, представляющие наибольший интерес для кормления сельскохозяйственных животных и птицы. Химический состав технической зелени сосны обыкновенной и хвойно-витаминной добавки из нее, произведенной на предприятии ООО «Евдокия» Волчихинского района Алтайского края, представлен в таблице.

Результаты химического анализа свежей хвои и хвойно-витаминной кормовой добавки

Показатель	Значение	
	свежая хвоя	экструдированная хвоя
Обменная энергия, Мдж	6,18±0,2	5,48±0,2281
БЭВ	47,35±2,3	41,88±2,24
Переваримый протеин, г/кг	2,5±0,1	2,43±0,1333
Сырой протеин,%	6,25±0,29	6,08±0,3333
Сырой жир,%	12,2±1	13,2±0,6506
Сырая зола,%	4,9±0,24	5±0,0577

Окончание таблицы

Показатель	Значение	
	свежая хвоя	экструдированная хвоя
Сырая клетчатка,%	29,3±2,4	33,83±1,556
Крахмал, г/кг	52,65±8,29	42,28±6,423
Сахар, г/кг	88,2±7,49	66,75±7,0723
Кальций, г/кг	6±0,5	4,93±0,2728
Фосфор, г/кг	1,2±0,2	1,03±0,0333
Железо, мг/кг	498,2±122,6	402,83±125,2788
Медь, мг/кг	4,5±1,2	23,27±18,5185
Цинк, мг/кг	35,6±6,5	27,37±13,8717
Марганец, мг/кг	313,4±53,3	430,23±77,3048
Кобальт, мг/кг	0,06±0,005	0,07±0,0058
Йод, мг/кг	0,18±0,02	0,17±0,0233
Каротин, мг/кг	145±21,7	181±22,6495

Из жирорастворимых витаминов древесная зелень содержит витамины групп Е (токоферолы), D (кальциферолы) и К (производные нафтохинона). В зелени присутствуют почти все водорастворимые витамины: витамин С (аскорбиновая кислота), по содержанию которого хвою сосны можно приравнять к ягодам черной смородины; витамины группы В — тиамин (В1), рибофлавин (В2), пиридоксин (В6), пантотеновая кислота (В3); фолацин (фолиевая кислота и ее производные, т. е. витамин В9); ниацин (никотиновая кислота и ее производные, т. е. витамин РР).

Древесная зелень богата биологически активными веществами: провитамином А, рядом стеринов — провитаминов D. Также в зелени содержатся витаминоподобные вещества (бифлавоноиды — витамин Р, циклические спирты инозиты и др.), которые по своим функциям в животных организмах близки или к витаминам, или к другим незаменимым пищевым веществам (незаменимым жирным кислотам и аминокислотам). Древесная зелень содержит, главным образом в связанном виде, все незаменимые кислоты, а также незаменимые полиненасыщенные кислоты — линолевую и линоленовую.

Хвоя и кормовые добавки из нее в первую очередь ценятся как источник каротина, который является провитамином А и обладает антиоксидантными свойствами. Его содержание в древесной зелени существенно колеблется в течение года (рис. 1), что подтверждается и нашими исследованиями.

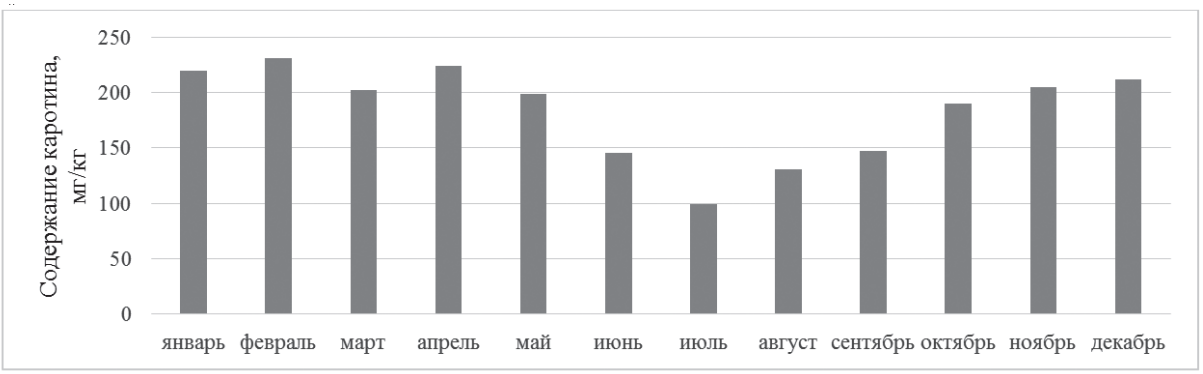


Рис. 1. Динамика содержания каротина в хвое в течение года

Важным является и период с момента валки дерева до переработки технической зелени. В древесной зелени, оставленной на лесосеке, в первые 3 дня содержание каротина снижается на 5% (рис. 2).

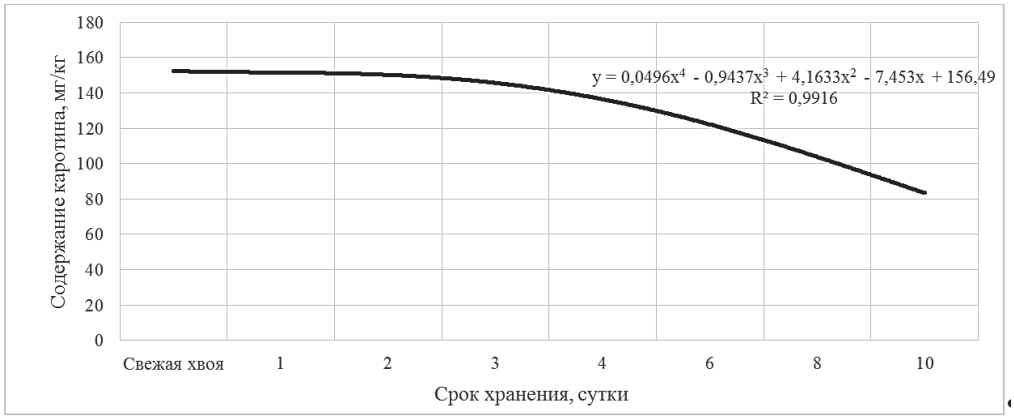


Рис. 2. Динамика содержания каротина в древесной зелени при хранении в кучах на лесосеке в летний период

После этого каротин в хвое начинает сильно разлагаться. На 4 сутки хранения в хвое от первоначального количества каротина у сосны обыкновенной осталось 91,5%. После 10 суток хранения каротина осталось 54,3%. Результаты анализов показывают, что техническую зелень летом можно хранить не более 3 суток [10].

После экструзии древесной зелени важно знать, как изменяется содержание каротина в готовой хвойно-витаминной кормовой добавке при длительном хранении.

В случае хранения готовой кормовой добавки при комнатной температуре потери каротина в первые 2 месяца не превышают 20% от первоначального его содержания. Что для хвойно-витаминной муки в соответствии с ГОСТ 13797–84 считается допустимым значением. Лучшие результаты дает хранение в морозильной камере — содержание каротина снижается на 5,9% в месяц; но такой способ усложняет использование добавки и хранение становится затратным.

Заключение. Исследования показали, что экструдированная хвоя лучше сохраняет каротин по сравнению с необработанной древесной зеленью. Использовать хвойно-витаминную кормовую добавку следует в течение месяца со дня производства. При более длительном хранении возникает необходимость увеличения количества кормовой добавки в суточном рационе животных.

Исследования проведены в рамках проекта, реализованного с привлечением средств бюджета Алтайского края — гранта для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Е. А., Терещенко В. А., Иванова О. В. и др. Древесные отходы Сибири в кормлении дойных коров // Ветеринария и кормление, 2018. — № 5. — С. 29–30.

2. Иванов Е. А., Иванова О. В., Терещенко В. А. Хвойная мука в рационе лактирующих коров // Научное обеспечение животноводства Сибири : мат-лы III Международной научн.-практич. конф., 2019. — С. 137–140.

3. Канясева А. П., Шерне В. С. Хвойно-энергетическая добавка при выращивании телят // Аграрная наука — сельскому хозяйству : мат-лы XV межунар. науч.-практ. конф. — Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2020. — С. 267–274.

4. Семенов М. И., Маленко А. А. Использование хвои в производстве биодобавок и фармацевтике — направление интенсификации лесного хозяйства Алтайского края // От биопродуктов к биоэкономике : мат-лы III межрег. научн.-практич. конф. (с междун. уч.) / под редакцией А. Н. Лукьянова. — Барнаул, 2019. — С. 326–331.

5. Пилюкшина Е. В. Применение хвойно-витаминной кормовой добавки в кормлении коров в транзитный период // Вестник Алт. гос. аграрного ун-та, 2020. — № 11 (193). — С. 67–71.

6. Русанова В. В. Использование хвойно-витаминной кормовой добавки в кормлении быков-производителей // Вестник Алт. гос. аграрного ун-та, 2020. — № 11 (193). — С. 71–75.

7. Семенов М. И., Маленко А. А. Использование хвои в производстве биодобавок и фармацевтике — направление интенсификации лесного хозяйства Алтайского края // От биопродуктов к биоэкономике : мат-лы III межрег. научн.-практич. конф. (с междун. уч.). — Барнаул, 2019. — С. 326–331.

8. Семенов М. И., Маленко А. А., Савин М. А. Перспективы переработки древесной зелени в Алтайском крае // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации : Всероссийская научн.-практич. конф. 20 октября 2020 г., посвящ. 90-летию снования университета / науч. редкол. Э. Ф. Сатаев. — Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2020. — С. 141–145

9. Семенов М. И., Маленко А. А. Использование всей биомассы заготовленной древесины — рациональный путь развития экономики лесных предприятий Алтайского края // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. ст. / под редакцией М. М. Силантьевой. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2018. — С. 451–454.

10. Томчук Р. И. Томчук Г. Н. Древесная зелень и ее использование в народном хозяйстве. — М. : Лесн. пр-сть, 1973. — 360 с.

11. Хаустов В. Н., Куваев И. В. Эффективность применения хвойно-витаминной кормовой добавки в рационах кур родительского стада // Вестник АГАУ, 2020. — № 12 (194). — С. 96–99.

12. Шмулова Н. В. Использование пихтовой хвои в составе сбалансированного рациона племенных быков // Инновационные тенденции развития российской науки : мат-лы XIII Междун. научн.-практич. конф. молодых ученых (8–9 апреля 2020). Ч. I / Краснояр. гос. аграр. ун-т. — Красноярск, 2020. — С. 108–112.

УДК 631.53.04:582.475.4

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ГРУППОВОЙ И РЯДОВОЙ ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ

А. А. Маленко[1], К. Т. Абаева[2], Д. Е. Баженов[1]

[1] Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

[2] Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан

Исследования показали: наибольшая сохранность сосны отмечена в площадках по 5 шт. (52%), а наименьшая — в культурах рядовой посадки (23%). Культуры формировались по II классу бонитета. Вследствие большей густоты наиболее густые посадки оказались наиболее продуктивными в сравнении с редкими. Лесорастительные условия и густота культур способствовали формированию дровяных стволов на 43–53%. Доля деловой части составляет 54–61% от общей стволовой массы. Из деловой древесины преобладает среднетоварная (35–43%). Ход роста культур сосны по высоте изменяется по кривой, имеющей положительную асимметрию. Кульминация прироста по высоте в густых посадках наступает в возрасте 14, а в редких — 16 лет. В редких и загущенных посадках распределение деревьев по диаметру стволов характеризуется асимметрией кривых, смещенных в сторону тонкомерных стволов, а по запасам, наоборот, в сторону толстомерных деревьев.

Ключевые слова: сухая степь, ленточные боры, культуры сосны, формирование, рост

Введение. Многолетними исследованиями и практикой установлено, что выращивание искусственных лесов может быть успешным только при выполнении комплекса научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих оптимальные экологические условия на всем протяжении

лесокультурного производства. При этом вопрос влияния густоты посадки на рост и продуктивность культур до настоящего времени остается неопределенным и одним из наиболее важных в лесоводстве [6, 3].

Цель работы: изучить формирование, закономерности роста и продуктивность разногустотных культур сосны, созданных «местами» и рядовой посадкой в сухом бору.

Объекты и методы исследований. 60-летные культуры сосны, расположенные в сухом бору, по вариантам посадки в площадках по 5 и 9 растений и рядовой посадки. Исследования проводились методом пробных площадей (ПП) [1], которые закладывались в соответствии с ОСТ 56–69–83 [4] и общепринятым в лесоводстве методикам. При расчете таксационных показателей использовались региональные лесотаксационные нормативы [5]. При сплошном перечете древостоя каждому дереву присваивался класс роста и развития по классификации Крафта.

Результаты и обсуждения. Исследованиями установлено, что отмирание деревьев в культурах, созданных по разным схемам, произошло на всех вариантах опыта. В итоге в культурах 60-летнего возраста сохранность сосны составила: на площадках по 5 шт. (вариант — 1) — 52,4%; на варианте по 9 шт. в площадке — 27,0%; в культурах рядовой посадки (вариант — 3) — 23,6%.

Состояние посадок в возрасте исследования позволяет констатировать различную относительную полноту, которая в культурах различной посадки изменялась от 0,4 до 0,8 единицы. Из приведенных в таблице 1 данных видно, что у сосны в площадках по 5 шт. имеется наибольшее количество лидирующих в росте деревьев (I класс роста), а наименьшее количество — в культурах рядовой посадки. Количество деревьев II класса роста и развития на всех вариантах опыта снижается, а количество деревьев средних размеров возрастает. При этом соотношение деревьев II и III классов роста по отношению к деревьям I класса роста остается прежним. Отставших в росте деревьев больше на варианте с площадками по 9 шт.

По среднему показателю класса роста имеются различия по вариантам. В площадках крупномерные деревья в подавляющих случаях размещены по периферии площадок, а сосна, растущая в центре площадок, отмерла или находится в угнетенном состоянии.

Таблица 1

Распределение деревьев по классам роста в 60-летних культурах сосны

Вариант	Сохранность,%	Густота, шт./га	Классы роста,%							
			I	II	III	IVа	IVб	Va	всего	средний
1	52,4	944	40,8	21,8	27,3	7,8	-	2,3	100	II,1
2	27,0	892	34,7	20,3	23,5	10,3	1,6	9,6	100	II,4
3	23,6	473	18,8	26,3	38,2	13,2	0,4	3,1	100	II,6

Таксационные показатели, приведенные в таблице 2, свидетельствуют, что в сложившихся лесорастительных условиях культуры сосны в площадках (с вариантами по 5 и 9 шт.) и рядовой посадки формировались по II классу бонитета. Несмотря на близкую по значениям среднюю высоту, наиболее толстомерные стволы сформировались на варианте 1 (в площадке по 5 шт. сосны) и варианте рядовой посадки. Вследствие большей густоты наиболее густые посадки оказались наиболее продуктивными в сравнении с редкими.

Таблица 2

Таксационная характеристика 60-летних культур сосны по вариантам посадки

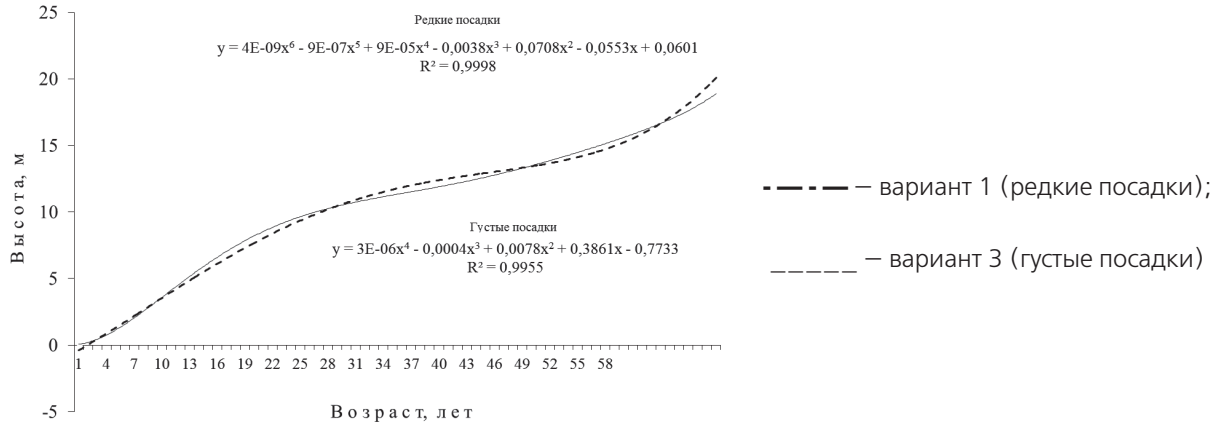
Вариант	Схема посадки	Густота, тыс. шт./га	Средние		Бонитет	Полнота, ед-цы	Запас, м³/га		Средний прирост, м³/га
			диаметр, см	высота, м			сырорастущий	сухостоя	
1	Площадки по 5 шт.	944	19,8	18,0	II	0,8	242,2	27,2	4,0
2	Площадки по 9 шт.	892	17,4	16,8	II	0,6	171,2	25,5	2,8
3	Рядовые	473	19,7	17,9	II	0,4	118,2	14,2	2,0

Следует отметить, что снижение густоты на вариантах опыта происходило естественным путем. Учитывая, что наибольшее количество (по числу и массе) отмерших деревьев отмечено на вариантах культур сосны в площадках вариантов 1 и 2, а наименьшее в рядовой посадке сосны, это подтверждает большую устойчивость сосны в загущенных посадках, нежели в редких. В изреженных культурах снижение густоты также проходило за счет естественного отпада деревьев и в более ранние сроки, нежели в загущенных посадках.

Рассматривая процесс отмирания деревьев, следует отметить, что он повсеместно носил низовой характер. Об этом свидетельствует низкий средний диаметр отмерших деревьев, который составил от 6 до 12 см, или 36–58% от среднего диаметра своих древостоев. Признаков повреждения насаждения вредителями и болезнями не обнаружено. Не обнаружено также буреломных и ветровальных деревьев, что свидетельствует о формировании в конкретных условиях роста устойчивого против неблагоприятных условий среды насаждения.

Исследование товарной структуры древостоев показало, что доля деловой древесины от общей массы составила от 54 до 61%, дров — от 29 до 36%. Худшая структура древостоя сформировалась в площадках по 9 шт. и варианте рядовой посадки — 54–55%. Из деловой древесины на всех вариантах преобладает средняя — 35–43%, крупной — 0,8–5,1% с лучшими показателями на варианте рядовой посадки.

Анализ хода роста деревьев по высоте показал (рис.), что значения высот увеличиваются с возрастом культур, а кривые имеют положительную асимметрию. Причиной этих изменений является текущий прирост в высоту, который в среднем начинает интенсивно возрастать с первых лет роста. У сосны в площадках по 5 шт. максимальный прирост в высоту наступает в возрасте 14 лет, а в рядовых культурах в 16 лет (вариант 3), а затем снижается, варьируя по годам. В данном случае загущенность культур привела к снижению периода кульминации текущего прироста в высоту на 2 года в сравнении с изреженными культурами. В целом отмеченные нами изменения прироста деревьев в высоту в посадках сосны сходны с теми, которые имеют место в других регионах страны.



Ход роста культур сосны по высоте

Полученные данные указывают на то, что варианты густой посадки лучше противостоят экстремальным условиям сухой степи, что подтверждает выводы большинства исследователей, причем некоторые связывают это с феноменом срастания корней в биогруппах [2, 7]. В этом случае густые смолоду варианты дают к возрасту 60 лет больший запас, а при редкой посадке при засухах могут оказаться на грани гибели.

Анализ распределения деревьев по ступеням толщины в культурах рядовой посадки (вариант 3) характеризуется кривой распределения, существенно отклоняющейся от закона нормального распределения. На долю деревьев с диаметрами тоньше среднего приходится 56% стволов, из которых 32% деревьев относится к I и II классам роста и развития. Строение этого же древостоя по запасу древеси-

ны показывает на смещение кривой линии от тонкомерных стволов в сторону толстомерных стволов. На долю деревьев I и II классов роста приходится 61% всего запаса древесины. В культурах площадками по 5 шт. кривая распределения по числу стволов также отклоняется от закона нормального распределения. На долю деревьев с диаметрами тоньше среднего приходится 36% стволов. Только 35% деревьев развиваются по I и II классам роста. Однако на их долю приходится 55% древесного запаса, а оставшиеся 45% распределены между деревьями средних размеров — 25% и тоньше средних — 20%. Кривые распределения деревьев по диаметру стволов и запасам могут служить примерным ориентиром интенсивности предстоящего изреживания.

Заключение. В исследуемых культурах наибольшая сохранность сосны отмечена в площадках по 5 шт. (52%), а наименьшая — в культурах рядовой посадки (23%). Доля лидирующих деревьев снижается, а деревьев среднего размера и отмирающих возрастает со снижением густоты и полноты культур. Аналогично этому снижаются запасы древесины с 242 до 118 $м^3$/га и средний прирост с 4,0 до 2,0 $м^3$/га. Лесорастительные условия и густота культур способствовали формированию дровяных стволов на 43–53%. Доля деловой части составляет 54–61% от общей стволовой массы. Из деловой древесины преобладает среднетоварная (35–43%) с долей крупномерной древесины 1–5%.

В сухих условиях при различной густоте прирост по высоте изменяется по ломаной кривой. Кульминация прироста в густых посадках наступает в возрасте 14, а в редких в 16 лет. В редких и загущенных посадках распределение деревьев по диаметру стволов характеризуется асимметрией кривых, смещенных в сторону тонкомерных стволов, а по запасам древесины, наоборот, в сторону толстомерных деревьев. Эту особенность следует иметь в виду при установлении интенсивности изреживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. — М. : Лесная промышленность, 1977. — 512 с.

2. Годнев Е. Д. Густота культур сосны как фактор их устойчивости // Лесное хоз-во, 1957. — № 4. — С. 30–35.

3. Маленко А. А. Рост и продуктивность искусственных насаждений в ленточных борах Западной Сибири : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук. — Екатеринбург : Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2012. — 40 с.

4. ОСТ 56–69–83 Пробные площади лесоустроительные, метод закладки. — 59 с.

5. Нормативы для таксации лесов Казахстана /отв. ред. А. А. Макаренко. — Алматы : Кайнар. — Ч. I. — Кн. I, 1987. — 236 с.

6. Усольцев В. А., Маленко А. А. Культуры сосны разной густоты посадки и проблема ее оптимизации // Ботанические исследования в Сибири, 2008. — Вып. 16. — С. 136–164.

7. Юновидов А. П. Растущие сосновые пни // Лесн. хоз-во и лесоэксплуатация, 1935. — № 12. — С. 24.

УДК 582.931.4:615

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ СТИМУЛИРОВАНИИ ЧЕРЕНКОВ БИРЮЧИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*LIGUSTRUM VULGARE* L.)

Н. В. Мартынова, Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, Р. В. Мартынов

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

В статье приводятся результаты эффективности применения биологически активных веществ при укоренении в агроперлите М-150 зеленых черенков бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.). Исследования были проведены в вегетационный период, обеспечивающий наиболее результативный выход корнесобственных растений. В качестве стимуляторов регенерационных процессов испытаны препараты: гетероауксин, корневин, профистим, силиплант, феровит, циркон, экофус, экстрасол, эпин. Контролем опыта выступала вода. При одинаковой экспозиции в растворах веществ черенки показали значительный разброс стимулирующего влияния. Исследованы процессы образования каллуса и формирования придаточных корней. Объектом исследований была дендрологическая коллекция бирючины обыкновенной в Нижегородской ГСХА с географическими координатами 56°19′43″ N, 44°00′07″ E и высотой над уровнем моря 141 м. В целом эффект обработки черенков биологически активными препаратами выявил достоверное увеличение регенерации и корнеобразования. Значительное повышение интенсивности каллусогенеза зафиксировано в вариантах с силиплантом (98,00±0,64%) и цирконом (98,00±0,82%), что больше, чем в контроле (80,00±4,30%). Заметное увеличение количества придаточных корней вызвало применение препаратов эпин (31,30±1,54 шт.) и гетероауксин (24,45±2,12 шт.). Лучшими результатами по суммарной длине адвентивных корней обладали эпин (266,39±12,25 см) и гетероауксин (201,25±16,61 см). Доказана эффективность биоактивных препаратов в стимуляции регенерационных процессов на черенках бирючины обыкновенной, повышении интенсивности каллусогенеза и темпов линейного роста придаточных корней.

Ключевые слова: стимуляторы роста, агроперлит М-150, корнеобразование, каллусогенез, ризогенез, черенки, бирючина обыкновенная, интродукция

Введение. Совершенствование адаптированного ассортиментного состава городских зеленых насаждений лежит в контексте стратегических задач улучшения базовых параметров среды современных урбоэкосистем. В значительной мере оно связано с необходимостью привлечения к формированию методов интродукции, которые позволяют существенно расширить перечень видов ценных деревьев и кустарников. В их число можно включить и бирючину обыкновенную (*Ligustrum vulgare* L.), которая перспективна в многоплановом хозяйственном использовании в Среднем Поволжье, где представляет интерес в озеленительных, лесомелиоративных и защитных насаждениях различных конструкций. Ее дальнейшее распространение на территории Российской Федерации и в Нижегородской области определяется применением прогрессивных технологий клонирования древесных и кустарниковых растений. В Европе бирючина обыкновенная участвует в процессах сукцессии растительности, происходящих на перемещенной древней лесной почве [16]. Черенкование рассматривается как результативный метод вегетативного размножения широкого перечня деревьев и кустарников [11, 18]. В этой связи изучаются реакции черенков на укоренение в разных типах субстратов [12], на введение в субстрат биологически активных компонентов [13], анализируются процессы каллусогенеза и ризогенеза [19], рост и развитие надземной части и корневых систем [2, 8, 14], в том числе на фоне применения регуляторов роста и стимуляторов регенерационных процессов [6, 9]. Интродукция как одна из сфер хозяйственной деятельности человека и одно из актуальных направлений исследований представляет интерес для специалистов лесного хозяйства [17, 15]. Определенные успехи в этом направлении достигнуты и в Нижегородской области [1, 2, 3, 4, 5, 10], в том числе и в работе с бирючиной обыкновенной [7].

Цель исследования — оценка эффективности применения стимулирующих биологически активных препаратов при укоренении в агроперлите М-150 зеленых черенков бирючины обыкновенной в условиях защищенного грунта.

Методы исследований. Объектом исследований выступали черенки, заготовленные с вегетирующих коллекционных посадок бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.), дислоцированных на территории дендропарка Нижегородской ГСХА. Он имеет географические координаты 56°19′43″ северной широты и 44°00′07″ восточной долготы и высоту над уровнем моря 141 м. В данном контексте заготовка учетных растений происходила в вегетационный период (июнь 2019 г.) и из имеющегося в наличии состава осуществлена рендомизированно. Элиминация дифференцирующего влияния факторов окружающей среды, фактора времени достигалась одновременной заготовкой физиологически активных черенков с хорошо освещенной части растения для последующей стимулирующей обработки и постановки на укоренение. Ненормально развитые побеги или их фрагменты с признаками повреждения внешними факторами отбраковывались.

Вегетационные сооружения опыта были представлены летними теплицами с покрытием из полиэтиленовой пленки с установленной автоматизированной системой мелкодисперсного орошения и контролем параметров среды с помощью автоматической метеостанции METEOSCAN PRO 929 RST02929. Условия среды в теплице были одинаковыми во всех испытываемых вариантах. Количество заготовленных для данного опыта черенков составило 400 штук, общее число учетов и наблюдений достигло 4800 единиц. Длину корней измеряли линейкой с точностью до 1 мм; диаметр корневой шейки — электронным штангенциркулем (Digital Caliper SH20) с точностью 0,01 мм. Были протестированы следующие препараты: гетероауксин, корневин, профистим, силиплант, феровит, циркон, экофус, экстрасол, эпин. Контролем опыта выступала вода, в которой черенки находились в течение 18 часов, как и в растворах активных реагентов. Субстратом служил агроперлит М-150. В статистической обработке данных, включая дисперсионный анализ, применяли общепринятые подходы.

Результаты и их обсуждение. Выявлена различная эффективность применения стимулирующих биопрепаратов при укоренении зеленых (летних) черенков бирючины обыкновенной, что отразилось в неодинаковых проявлениях ряда признаков регенерационных процессов, происходящих на нижних срезах черенков на этапе_каллусогенеза и ризогенеза (табл.).

Описательные статистики каллусогенеза, ризогенеза и количество придаточных корней*

Варианты	M±m	min	max	Cv,%	$t_{оп}$	P,%
Интенсивности каллусогенеза,%						
Гетероауксин	89,00±3,03	100,00	40,00	21,56	29,33	3,41
Корневин	97,50±1,00	100,00	80,00	6,47	97,81	1,02
Профистим	97,00±1,44	100,00	60,00	9,40	67,31	1,49
Силиплант	98,00±0,64	100,00	90,00	4,13	153,00	0,65
Феровит	51,50±5,93	100,00	10,00	72,86	8,68	11,52
Циркон	98,00±0,82	100,00	80,00	5,27	120,02	0,83
Экофус	97,50±1,42	100,00	60,00	9,22	68,61	1,46
Экстрасол	97,00±0,73	100,00	90,00	4,78	132,19	0,76
Эпин	83,50±2,28	100,00	50,00	17,27	36,62	2,73
Контроль	80,00±4,30	100,00	30,00	33,97	18,62	5,37
Total	88,90±1,10	100,00	10,00	24,85	80,49	1,24
Количество придаточных корней, шт.						
Гетероауксин	24,45±2,12	58,00	8,00	54,83	11,53	8,67
Корневин	16,80±0,75	32,00	9,00	28,31	22,34	4,48
Профистим	13,50±1,10	28,00	2,00	51,35	12,32	8,12
Силиплант	15,30±0,82	24,00	6,00	34,02	18,59	5,38
Феровит	15,50±1,28	29,00	2,00	52,29	12,09	8,27

Окончание таблицы

Варианты	M±m	min	max	Cv,%	$t_{оп}$	P,%
Циркон	15,90±0,93	28,00	9,00	36,97	17,11	5,85
Экофус	15,10±0,87	31,00	8,00	36,36	17,39	5,75
Экстрасол	16,20±1,06	35,00	8,00	41,45	15,26	6,55
Эпин	31,30±1,54	50,00	18,00	31,15	20,30	4,93
Контроль	20,60±1,24	37,00	8,00	38,03	16,63	6,01
Total	18,47±0,47	58,00	2,00	50,54	39,58	2,53
Суммарная длина придаточных корней, см						
Гетероауксин	201,25±16,61	466,30	72,40	52,21	12,11	8,26
Корневин	138,09±8,96	222,80	14,30	41,06	15,41	6,49
Профистим	128,29±11,32	330,50	15,30	55,79	11,34	8,82
Силиплант	150,91±7,01	240,60	98,00	29,38	21,52	4,65
Феровит	116,36±8,10	225,40	17,80	44,04	14,36	6,96
Циркон	195,60±9,40	316,30	94,10	30,40	20,80	4,81
Экофус	155,14±11,30	411,80	59,20	46,08	13,73	7,29
Экстрасол	147,46±12,06	349,40	42,40	51,71	12,23	8,18
Эпин	266,39±12,25	457,10	171,20	29,08	21,75	4,60
Контроль	188,43±10,42	344,20	97,70	34,96	18,09	5,53
Total	168,79±4,05	466,30	14,30	48,02	41,65	2,40

Примечание: * — обозначения статистик: M — среднее арифметическое значение; max — максимальное значение; min — минимальное значение; ±m — ошибка выборочного среднего; Cv — коэффициент вариации,%; $t_{оп}$ — опытный критерий Стьюдента (t_{05} = 1,96; t_{01} = 2,58); P — точность опыта,%; количество первичных единиц выборки в каждом варианте опыта — 40; количество первичных единиц выборки в обобщенном массиве (вариант Total) по каждому показателю регенерационной способности — 400.

Так, по интенсивности каллусогенеза (табл.) наибольшие средние значения зафиксированы в вариантах применения препаратов силиплант (98,00±0,64%) и циркон (98,00±0,82%), что на 18%, или в 1,23 раза, больше, чем в контрольном варианте. В свою очередь, ингибирующий эффект вызвал феровит, выразившийся в снижении показателя каллусогенеза в сравнении с контролем (51,50±5,93%, что на 28,5%, или в 0,64 раза, меньше). Перечисленные результаты проявились на фоне обобщенного для всего массива данных значения (вариант Total), которое, составив 84,50±1,17%, превысило контроль на 6%, или в 1,08 раза, что указывает на положительный в целом эффект влияния биопрепаратов на интенсивность образования каллуса на нижних срезах черенков.

Не менее важной характеристикой регенерационной способности черенков древесных растений выступает количество образовавшихся на них придаточных корней. По данному признаку ризогенеза сформировалась иная картина. Часть препаратов вызывала повышение рассматриваемого показателя, и наибольшие средние значения зафиксированы в вариантах применения эпина (31,30±1,54 шт.) и гетероауксина (24,45±2,12 шт.), что на 10,70 шт., или в 1,52 раза, и на 3,85 шт., или 1,19 раза, больше, чем в контрольном варианте соответственно. Снижение числа новообразований (в нашем случае придаточных корней) в наибольшей степени проявилось в вариантах с применением препаратов профистим (13,50±1,10 шт.) и экофус (15,1±0,93 шт.). Уменьшение оценок по сравнению с контролем соответственно составило: –7,10 шт., или в 0,66 раза, и –5,50 шт., или в 0,73 раза.

Наиболее информативной характеристикой ризогенеза традиционно признается суммарная протяженность всех сформированных на каждом из черенков корней. В этом случае наблюдается весьма ограниченный перечень стимуляторов приростных процессов, способствующих усилению роста придаточных корней в сравнении с контролем. С лучшими позициями в него вошли эпин (266,39±12,25 см) и гетероауксин (201,25±16,61 см). Их преимущество в сравнении контролем было на 77,96 см, или в 1,41 раза, и на 12,83 см, или в 1,07 раза. Еще только один препарат из числа рассматриваемых в данном опыте,

циркон, оказался способным усилить линейный рост корней. Заметно уступая результатам применения эпина, он тем не менее обеспечил достижение корневыми системами суммарной длины (195,60±9,40 см), которая превосходила уровень контрольного варианта (188,43±10,42 см) на 7,17 см, или в 1,04 раза. В наибольшей степени в развитии корневых систем отставали черенки варианта с применением феровита. Их результат (116,36±8,10 см) на 72,07 см, или в 0,62 раза, меньше контроля.

Заключение. В результате проведенных исследований выявлено, что стимуляторы не были одинаково активны при влиянии на протекание различных процессов регенерации и пострегенерационного развития корневых систем. Наилучший эффект в стимулировании образования каллуса наблюдался у силипланта (98,00±0,64%) и циркона (98,00±0,82%). Наибольшая общая длина корневых систем сформировалась под влиянием эпина и гетероауксина. Максимальное количество придаточных корней возникало при использовании эпина и гетероауксина. Наиболее перспективными стимуляторами по наибольшему числу важнейших показателей регенеративной способности черенков бирючины обыкновенной признаны гетероауксин и эпин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Кулькова А. В., Широков А. И. Корреляция содержания крахмала в тканях побегов представителей рода ель (picea a. Dietr.) // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. Научный журнал, 2018. — № 2 (49). — С. 19–22.

2. Бессчетнова Н. Н., Мартынова Н. В. Эффективность вегетативного размножения представителей семейства маслиновые (Oleaceae L.) в условиях интродукции // Биологическое разнообразие лесных экосистем: состояние, сохранение и использование : мат-лы Междунар. научн.-практич. конф., Гомель, 13–15 ноября 2018 г. / ред. А. И. Ковалевич и др. — Гомель : Институт леса НАН Беларуси, 2018. — С. 190–193.

3. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Кулькова А. В., Мишукова И. В. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (Picea A. Dietr.) в условиях интродукции // Известия вузов. Лесной журнал, 2017. — № 4 (358).

4. Бессчетнова Н. Н., Кулькова А. В. Содержание запасных питательных веществ в клетках тканей годичных побегов представителей рода ель (Picea L.) в условиях Нижегородской области // Известия вузов. Лесной журнал, 2019. — № 6 (372).

5. Кулькова А. В., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Многопараметрическая оценка таксономической близости видов ели (Picea A. Dietr.) по пигментному составу хвои // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2018. — № 1 (37).

6. Кулькова А. В., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Применение стимулирующей обработки в укоренении черенков ели Коника // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2020. — Вып. 232. — С. 79–91.

7. Мартынова Н. В., Бессчетнова Н. Н. Оценка эффективности интродукции бирючины обыкновенной в условиях Нижнего Новгорода по параметрам сеянцев // Перспективы сельского хозяйства : сб. тр. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. 85-летию Нижегородской ГСХА по итогам 2014–2015 гг. — Н. Новгород, 2015. — С. 118–121.

8. Мартынова Н. В. Технология вегетативного размножения форзиции промежуточной (forsythia intermedia zabel.) в условиях Нижнего Новгорода // Современное лесное хозяйство — проблемы и перспективы : мат-лы Всерос. научн.-практич. конф., посвящ. 50-летию «ВНИИЛГИСбиотех», 3–4 декабря 2020 г. — Воронеж : Истоки, 2020. — С. 56–59.

9. Резвякова С. В., Гурин А. Г., Резвякова Е. С. Размножение хвойных пород зелеными черенками с использованием новых биопрепаратов // Вестник аграрной науки, 2017. — № 2 (65). — С. 9–14.

10. Улитин М. М., Бессчетнов В. П. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (larix sibirica) при интродукции в Нижегородской области // Известия вузов. Лесной журнал, 2020. — № 6 (378).

11. Ahmadloo, Fatemeh & Mohsen, Calagari & Azadeh, Salehi & Reza, Goodarzi. Investigation of rooting and growth characteristics of poplar clones in hydroponic and soil cultures // Journal of Forest Science, 2018. — № 64. — P. 207–215.

12. Block R. M. A., Knight J. D., Booth N. W. H., Van Rees K. C. J. Nursery stock type, nitrogen fertilization and shoot pruning effects on the growth of juvenile hybrid poplar in Saskatchewan // Canadian Journal of Plant Science, 2009. — № 89 (2). — P. 289–301. DOI: 10.4141/CJPS08092.

13. Chong C., Hamersma B, Bellamy K. L. Comparative rooting of deciduous landscape shrub cuttings in media amended with paper mill biosolids from four different sources // Canadian Journal of Plant Science, 1998. — №. 78 (4). — P. 519–526. DOI: 10.4141/P97–111.

14. Corpuz O., Abas E., Adam Z. Root growth potentials of selected hardwood tree Species in the Philippines // Direct Res. J. Agric. Food Sci., 2013. — № 1. — P. 48–51.

15. Gentili R., Ferrè C., Cardarelli E., Montagnani C., Bogliani G., Citterio S., Comolli R. Comparing Negative Impacts of Prunus serotina, Quercus rubra and Robinia pseudoacacia on Native Forest Ecosystems // Forests, 2019. — 10 (10). — P. 842.

16. Helliwell D. R., Buckley G. P., Fordham S. J., Paul T. A. Vegetation succession on a relocated ancient woodland soil // Forestry: An International Journal of Forest Research, 1996. — № 69 (1). — P. 57–74. DOI: 10.1093/forestry/69.1.57.

17. Nunes L. J. R., Meireles C. I. R., Pinto Gomes C. J., de Almeida Ribeiro N. M. C. Socioeconomic Aspects of the Forests in Portugal: Recent Evolution and Perspectives of Sustainability of the Resource // Forests, 2019. — № 10 (5). — P. 361.

18. Salas P., Saskova H., Mokrickova J., Litschmann T. Evaluation of different types of rooting stimulators // Acta Universitatis Agriculturae at Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2012. — № 60. — P. 217–210.

19. Wiese A. H., Zalesny J. A., Donner D. M., Zalesny R. S. Bud Removal Affects Shoot, Root, and Callus Development of Hardwood Populus Cuttings // Silvae Genetica, 2006. — № 55 (3). — P. 141–148. DOI: 10.1515/sg-2006–0020.

УДК 582.475.4

РОСТ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ ПРИИРТЫШЬЯ

К. А. Меркель[1], К. Т. Абаева[2], А. К. Бейсекеева[3], Ж. К. Касанова[3]

[1] Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, г. Щучинск, Республика Казахстан

[2] Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан

[3] Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан

Приводится лесоводственно-таксационная характеристика разновозрастных искусственных лесных насаждений сосны обыкновенной, созданных посадкой с густотой 6,0–8,0 тыс. сеянцев на 1 га. Жесткие лесорастительные условия региона размещения ленточных боров Прииртышья способствуют формированию древостоев с низкими таксационными показателями и жизненным состоянием местной сосны. Повысить устойчивость лесных культур можно снижением густоты путем проведения рубок ухода.

Ключевые слова: ленточные боры Прииртышья, сосна, искусственные насаждения, рост, устойчивость

Введение. Одной из важнейших задач современного развития лесного хозяйства в ленточных борах Прииртышья является своевременное и качественное воспроизводство лесов, сохранение их ресурсного, социального, экологического и биологического разнообразия. Ленточные боры выполняют защитную роль в качестве природного форпоста на пути суховеев из пустынь Средней Азии, смягчая климат прилегающих территорий, и служат важной сырьевой базой для малолесных районов степной Кулунды. Однако площадь этих уникальных лесов снижается главным образом по причине лесных пожаров, периодически приобретающих катастрофические масштабы [1, 2], и др.

В целях предотвращения экологических последствий от крупных лесных пожаров необходимо провести скорейшее заращивание гарей, применив наиболее рациональные приемы восстановления леса [3]. Выращивание устойчивых высокопродуктивных искусственных насаждений должно базироваться на знании закономерностей их роста, поскольку только направленное вмешательство человека в жизнь леса может обеспечить выращивание нужных древостоев [4, 2].

Объекты и методы исследований. Исследования проводились методом пробных площадей (ПП), закладываемых согласно ОСТ 56–69–83 [5] и общепринятым в лесоводстве методикам [6] с использованием региональных лесоводственно-таксационных нормативов [7]. При сплошном перечете каждому дереву присваивался класс роста и развития по классификации Крафта; санитарное состояние насаждений и их качественная характеристика определяются по соответствующей шкале с расчетом средневзвешенной величины. Оценка жизненного состояния деревьев проводилась по методике [8], комплексный оценочный показатель (КОП), или коэффициент напряженности роста, по формуле, предложенной Густовой и др. [9]: ($КОП = \frac{H \times 100}{G1,3}$), где КОП — комплексный оценочный показатель (коэффициент напряженности роста), см/см^2; Н — средняя высота древостоя, м; G1,3 — площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см^2.

Результаты и их обсуждение. Общая характеристика исследуемых лесных культур сосны свидетельствует, что все посадки были созданы по сплошному типу по схеме 2,0×0,5–0,75 м. Такая схема обеспечила исходную густоту культур в пределах от 6,0 до 8,0 тыс. шт. сеянцев сосны на 1 га (табл. 1). Сохранность лесных культур сосны в возрасте исследования снижается по мере увеличения их возраста.

Таблица 1

Общая характеристика исследуемых лесных культур

№	ТУМ	Тип лесных культур	Возраст, лет	Густота (исходная), шт./га	Сохранность, %
1	С2	Сплошной, схема 2,0×0,5–0,75	27	8000	64,6
2	С2	Полосами по 6 рядов, схема 2,0×0,5–0,75	32	6000	38,4
3	С2	Полосами по 6 рядов, схема 2,0×0,5–0,75	40	6000	23,6
4	С2	Полосами по 6 рядов, схема 2,0×0,5–0,75	48	6000	27,3
5	С2	Полосами по 6 рядов, схема 2,0×0,5–0,75	68	6000	15,0

При распределении деревьев в культурах сосны по классам роста и развития выявлены незначительные различия, связанные с возрастом посадок. В целом средний показатель класса роста и развития деревьев находился в пределах II,9 — III,1 класс роста (табл. 2).

Таблица 2

Распределение деревьев в посадках сосны по классам роста и развития

№	Возраст, лет	Густота, шт./га	Классы роста					
			I	II	III	IV	V	средн.
1	27	3879	7,9	24,4	39,1	21,0	7,6	III,0
2	32	2383	9,8	19,6	37,2	25,3	8,1	III,0
3	40	1417	9,1	20,6	39,2	22,5	8,6	III,0
4	48	1637	9,7	19,4	35,2	25,4	10,3	III,1
5	68	899	13,6	19,8	36,2	24,9	5,6	II,9

Жесткие лесорастительные условия территории произрастания ленточных боров оказывают влияние на лесотаксационные показатели искусственных древостоев.

Данные таблицы 3 подтверждают имеющиеся различия в таксационных показателях лесных культур, которые зависят от их возраста.

Таблица 3

Таксационная характеристика сосновых культур

№	Возраст, лет	Густота, т./га	Средние		Класс бонитета	Полнота		Запас, м³/га	
			диаметр, см	высота, м		абсолютная, м²/га	относительная	растущий	сухостоя
1	27	3879	7,3	8,2	III	16,2	0,65	73	0,2
2	32	2383	9,9	10,6	II	18,2	0,64	100	—
3	40	1417	12,7	9,5	III,5	18,0	0,68	94	—
4	48	1637	11,2	12,3	III	16,1	0,55	104	3
5	68	899	16,6	15,2	III,5	19,6	0,68	142	—

Так, густота культур снижается с 3,8 тыс. шт./га в 27-летнем возрасте до 0,9 тыс. шт./га в возрасте 68 лет. Закономерно с возрастом увеличиваются значения средних диаметров и высоты, а также запасы сырорастущей древесины. По относительной полноте все насаждения относятся к среднеполнотным, по классу бонитета — к низкобонитетным, исключение составляет 32-летнее насаждение пробы-2. Запасы древесины сухостойных деревьев в исследуемых культурах сосны имеют небольшие значения, свидетельствующие, что процесс самоизреживания происходил в раннем возрасте посадок.

Результаты оценки санитарного состояния исследуемых лесных культур, приведенные в таблице 4, показывают, что наибольшее количество деревьев в возрасте 21–60 лет (II и III класса возраста) относится к категории сильно ослабленных (3) и к категории ослабленных (2).

Средний балл санитарного состояния исследуемых насаждений составил 2,7–3,1, что также указывает на сильную их ослабленность.

Таблица 4

Распределение деревьев сосны в культурах по категориям санитарного состояния

№	Класс возраста	Доля деревьев по категориям состояния, % от общего количества							Среднее значение категории санитарного состояния
		1	2	3	4	5	6	всего	индекс
1	II	5,4	23,8	40,6	21,7	7,6	0,9	100	III,0
2	II	9,5	18,9	33,6	26,0	8,5	3,5	100	III,1
3	II	8,1	23,8	35,3	22,8	9,5	0,5	100	III,0
4	III	9,1	16,2	31,2	23,6	8,6	11,3	100	II,7
5	IV	12,3	19,7	34,3	26,4	6,2	1,1	100	II,8

По показателю жизненного состояния (ОЖС) с числовыми значениями от 57,6 до 66,7% исследуемые искусственные насаждения сосны также относятся к ослабленным (табл. 5).

Таблица 5

Основные показатели состояния и комплексного оценочного показателя лесных культур

№	Показатели состояния лесных культур			
	возраст, лет	густота, шт./га	ОЖС,%	КОП, см/см²
1	27	3879	66,7	14,7
2	32	2383	62,9	11,6
3	40	1417	66,2	6,3
4	48	1637	57,6	10,7
5	68	899	66,9	5,6

По оценке комплексного оценочного показателя (КОП) лесные культуры сосны с меньшей густотой (ПП-3 и ПП-5) в возрасте 40 и 68 лет имели меньшую напряженность в росте в сравнении с загущенными культурами в молодом возрасте (ПП-1, ПП-2) и средневозрастными культурами пробы-4.

Полученные нами данные по изменению жизненного состояния и комплексного оценочного показателя согласуются с исследованиями [10], проведенными ранее.

Заключение. Разновозрастные искусственные насаждения местной сосны обыкновенной, созданные посадкой в жестких лесорастительных условиях ленточных боров Прииртышья, характеризуются низкими таксационными показателями и жизненным состоянием. Повысить устойчивость лесных культур можно снижением густоты путем проведения рубок ухода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грибанов Л. Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. — М. ; Л. : Госбумиздат, 1960. — 156.

2. Маленко А. А. Рост и продуктивность искусственных насаждений в ленточных борах Западной Сибири : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук. — Екатеринбург : Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2012. — 40 с.

3. Смирнов В. Е. Полувековой опыт лесовосстановления в ленточных борах Казахстана и Алтая // Труды КазНИИЛХ, 1966. — Т. V. — Вып. 3. — 130 с.

4. Парамонов Е. Г., Ананьев М. Е. Оценка роста различных древесных пород в сухой степи // Вестник АГАУ, 2011. — № 31 (75). — С. 19–23.

5. ОСТ 56–69–83. Пробные площади лесоустроительные, метод закладки. — 59 с.

6. Анучин Н. П. Лесная таксация. — М. : Лесная промышленность, 1977. — 512 с.

7. Нормативы для таксации лесов Казахстана /отв. ред. А. А. Макаренко. — Алматы : Кайнар, 1987. — Ч. I. — Кн. I. — 236 с.

8. Алексеев И. А., Залесов С. В., Федоренко С. И. Лесоводственно-лесотипологическая и древесиноведческая оценка эффективности рубок ухода // Леса Урала и хозяйство в них : сб. науч. трудов. — Свердловск : Изд-во Урал. ин-та, 1990. — Вып. 15. — С. 23–33.

9. Густова А. И., Терехина Д. К. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении // Аграрный вестник Урала, 2007. — № 5 (41). — С. 55–59.

10. Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. — 152 с.

УДК 633.584.3

ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СОСНЯКОВ ПОД ЗАЩИТОЙ ИВЫ ОСТРОЛИСТНОЙ, РАЗМЕЩЕННОЙ УЗКИМИ РЯДАМИ, В СУХОЙ СТЕПИ

М. А. Савин, А. А. Маленко

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

Изучен процесс формирования искусственных насаждений сосны, созданных под защитным пологом ивы остролистной, размещенной узкими рядами. Приводится соотношение в распределении деревьев по классам роста и развития в древесном пологе сосны, наличие естественного возобновления в сформировавшихся древостоях. Рассчитаны таксационные показатели чистых и смешанных с шелюгой культур сосны в условиях сухого и свежего бора.

Ключевые слова: лесные культуры, естественное возобновление, сосна обыкновенная, продуктивность, ленточные боры, Алтайский край

Вопрос размещения посадочных мест и соотношения древесно-кустарниковых пород в создаваемых культурах уже длительное время изучается исследователями. Особенно актуален это вопрос для ленточных боров Алтайского края, характеризующихся мозаичностью условий произрастания и высокой горимостью. В целях предотвращения экологических последствий от крупных лесных пожаров необходимо проводить скорейшее заращивание гарей, применив наиболее рациональные приемы восстановления леса. Одним из таких приемов является создание лесных культур сосны после предварительного шелюгования, т. е. посадка сосны под защитным пологом ивы остролистной. Шелюга в этой ситуации предварительно закрепляет пески, что необходимо, особенно после сплошной обработки почвы, защищает посаженные молодые сосны от повышенной инсоляции и засекания песком, аккумулирует влагу и обогащает почву [7].

Такие культуры создавались по разным схемам смешения пород, для оценки лесоводственного эффекта применяемые схемы были сгруппированы в зависимости от ширины шелюговых полос в следующие группы: с шириной кулис до 5 м (узкие), 5–10 м (средние) и больше 10 м (широкие). В работе представлены результаты оценки культур сосны, созданной узкими кулисами.

Цель исследования — дать лесоводственную оценку искусственных сосновых насаждений, созданных под защитой ивы остролистной, размещенной узкими рядами, в сухой степи Алтайского края.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в средневозрастных и приспевающих искусственных сосняках, созданных под защитой ивы остролистной, в наиболее встречаемых типах леса (сухой бор пологих всхолмлений и свежий бор). В травяном бору лесных культур, созданных узкими рядами, обнаружено не было. Объекты исследований расположены в южной части ленточных боров в лесном фонде Ключевского, Степно-Михайловского, Озеро-Кузнецовского и Ракитовского лесничеств Алтайского края. Исследования проводились по стандартным методикам, принятым в лесном деле.

Лесные культуры сосны создавались после сплошной обработки почвы. Предварительно для защиты сеянцев сосны от выдувания за 2 года до ее посадки создавались защитные кулисы из шелюги красной шириной 3–4,5 м с промежутками в 6–9 м, занимаемые в последующем рядами сосны. В сухом бору на 1 га высажено 7692 сеянца сосны, в свежем — 5833. В качестве контроля подобраны чистые культуры того же возраста с густотой посадки 11988 шт./га (в сухом бору) и 9372 шт./га (в свежем бору).

В сухих условиях (тип леса СБП) отмечается незначительное отставание чистых культур по большинству показателей (табл. 1), кроме среднего диаметра и запаса, где наблюдается противоположная зависимость. В свежем бору чистые культуры сосны имеют больший запас древесины.

Таблица 1

Таксационная характеристика культур сосны

Тип леса	Тип культур	Возраст, лет	Густота на период исследования, шт./га	Сохранность, %	Средние		Сумма площадей сечения, м²/га	Бонитет	Полнота, ед.	Запас, м³/га		Средний прирост, м³/га
					диаметр, см	высота, м				сырорастущий	сухостоя	
СБП	С ивой	67	1940	25,2	15,9	11,5	29,58	IV	1,0	161,4	4,7	2,4
	Чистые	61	1300	10,8	17,0	10,1	28,41	V	0,8	149,8	4,6	2,5
СВБ	С ивой	64	1340	23,0	15,0	16,4	23,73	III	0,7	196,3	1,2	3,1
	Чистые	61	2024	12,0	16,1	11,3	41,65	IV	0,8	250,6	1,5	4,1

Наиболее ценным показателем в сухих условиях роста является сохранность лесных культур, которая в смешанных сосняках оказалась в 2 раза выше, чем в сухом и свежем типах леса.

Распределение деревьев в насаждении по классам роста и развития (табл. 2) дает общее представление о формировании древесного полога насаждений.

Таблица 2

Распределение деревьев по классам роста (по Крафту)

Тип леса	Тип культур	Густота, шт./га	Распределение деревьев по классам роста,%						Средний класс роста
			I	II	III	IVa	IVб	Va	
СБП	С ивой	1940	8,1	48,4	26,2	12,5	4,6	0,2	II,5
	Чистые	1300	21,9	28,9	10,7	15,7	11,7	11,1	II,8
СВБ	С ивой	1340	16,4	52,8	13,8	6,0	7,0	4,0	II,4
	Чистые	2024	11,6	31,9	28,2	12,3	7,2	8,8	II,8

Во всех исследуемых насаждениях древесный полог сформирован деревьями II–III, а в отдельных случаях I–II классов роста. Средний класс роста в чистых культурах выше, чем в смешанных, однако в них выше и доля отстающих в росте деревьев (IV–V классов).

Лесоводственная эффективность культур сосны связана не только с показателями сохранности, запаса и бонитета, но и с успешностью естественного возобновления [1]. Для условий сухих боров важно обеспечить разновозрастную структуру древостоя, с тем чтобы в составе имелись деревья всех классов возраста для повышения устойчивости насаждения и обеспечения непрерывности лесопользования [6].

Создание лесных культур с кулисным смешением шелюги благоприятно сказывается не только на самих культурах, но и на появлении естественного возобновления в дальнейшем.

Под пологом шелюги накапливается большее количество снега и влага сохраняется дольше, чем в чистом древостое, что благоприятно сказывается на появлении и росте самосева. Возобновление, появляющееся в кулисах, защищено от губительного действия ветра [3]. Опад листьев шелюги выступает в роли мульчи и обогащает подстилку минеральными веществами [5].

При наличии источников обсеменения на ранних этапах формирования культур сосны под защитой ивы остролистной появляется обильное возобновление [3, 4]. Однако в дальнейшем процесс возобновления ухудшается, поскольку на него оказывает влияние ряд факторов, одним из которых является ширина создаваемых кулис ивы остролистной. При увеличении ширины кулис увеличивается площадь питания самосева и снижается негативное влияние посадок сосны. Так как сосна, расположенная в крайних рядах культур, угнетающе влияет на самосев, занимая не только почвенное пространство, но и интенсивно развивает крону в сторону кулис. По причине слабой освещенности появившееся возобновление сосны погибает еще в раннем возрасте лесных культур, и к возрасту приспевания сосны естественное возобновление полностью отсутствует.

Сохранившееся возобновление сосны в узких полосах шелюги в 60-летних культурах сосны подтверждают ранее сделанные выводы [7] о том, что в кулисах шириной до 5 метров возобновление сосны протекает неудовлетворительно. На исследуемых нами участках возобновление сосны полностью отсутствует либо имеется в количестве до 280 шт./га. При этом имеющийся подрост угнетен и ослаблен. Исключение составляют единичные экземпляры сосны из числа первой генерации, расположенные в центре кулис, приуроченных обычно к выпадам деревьев в крайних рядах. В рядах сосны, а также в чистых культурах возобновление полностью отсутствует.

Заключение. В условиях сухой степи Алтайского края культуры сосны с ивой остролистной, высаженной узкими рядами, по основным таксационным показателям опережают чистые по составу культуры сосны.

С точки зрения успешности лесовосстановления на песках, где создание чистых культур не представляется возможным, смешанные с шелюгой посадки сосны с поставленной задачей справились успешно. Следует иметь в виду, что сохранность культур сосны под защитой ивы в несколько раз выше, чем в чистых посадках. Этим подтверждается более высокая устойчивость смешанных посадок к неблагоприятным факторам среды. Гибель естественного возобновления сосны связана с недостаточным уходом за шелюгой, которая приводит к обострению межвидовой конкуренции между этими породами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. — М. : Изд-во АН СССР, 1961. — 254 с.

2. Методы изучения лесных сообществ. — СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. — 240 с.

3. Савин М. А., Маленко А. А., Гаврилова Д. Ю., Курсикова Е. С. Опыт успешного облесения открытых пространств содействием естественному возобновлению в засушливой степи // Аграрная наука — сельскому хозяйству : XIII Междун. научн.-практич. конф. (15–16 февраля 2018 г.). : сб. мат. : в 2 кн. — Барнаул : РИО АГАУ, 2018. — Кн. 1. — С. 400–402.

4. Савин М. А., Маленко А. А. Процесс естественного возобновления в смешанных насаждениях сухой степи // Аграрная наука — сельскому хозяйству : XII Междун. научн.-практич. конф. (7–8 февраля 2017 г.). : сб. ст.: в 3 кн. — Барнаул : РИО АГАУ, 2017. — Кн. 2. — С. 266–268.

5. Савин М. А., Маленко А. А. Формирование искусственных насаждений сосны обыкновенной, созданных под защитой ивы остролистной // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. ст. / под ред. М. М. Силантьевой. — Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2018. — С. 445–450.

6. Савин М. А., Маленко А. А., Гаврилова Д. Ю. Формирование искусственных сосняков в смешении с кустарниковыми породами в сухой степи // Наука и инновации: векторы развития : Междунар. научн.-практич. конф. молодых ученых : сб. науч. ст. : в 2 кн. — Барнаул : РИО АГАУ, 2018. — Кн. 1. — С. 107–109.

7. Смирнов В. Е. Полувековой опыт лесовосстановления в ленточных борах Казахстана и Алтая // Труды КазНИИЛХ, 1966. — Т. V. — № 3. — 131 с.

УДК 630*221 (571.1)

ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ НА ГАРЯХ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. А. Малиновских

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

Изложены материалы изучения лесорастительных условий на гарях разных лет в ленточных борах Западной Сибири. Установлено, что формирование типов лесорастительных условий до и после пожара определяется орографическими и зональными климатическими факторами. Сложный увалисто-грядовый мезорельеф обусловливает распределение влаги, тепла и элементов питания в почвенном профиле, приводит к формированию разных по лесорастительным свойствам местообитаний (экотопов). На вершинах песчаных грив и бугров складываются сухие лесорастительные условия со слабым лесовозобновлением. В межгривных понижениях складываются свежие или влажные лесорастительные условия с успешным лесовозобновлением. Процессы естественного возобновления главной древесной породы и стадии пирогенной сукцессии протекают в зависимости от типа лесорастительных условий. В низинах с более благоприятным для растений гидротермическим режимом лесовосстановление происходит быстрее, чем на вершинах, приводя к формированию молодых лесных насаждений.

Ключевые слова: гарь, сосна обыкновенная, тип лесорастительных условий, экотоп, дерново-подзолистая почва, режим увлажнения

Введение. По современным требованиям ведение лесохозяйственной деятельности в лесном фонде, охрана, защита, восстановление лесов производятся на лесотипологической основе. Однако тип леса и тип лесорастительных условий не остаются статичными, а присущие им свойства определяют продуктивность и устойчивость лесных экосистем. Современное пользование лесными ресурсами, ведение лесного хозяйства в конкретных географических регионах осуществляются на зонально-типологической основе [1, 2].

Изучение типов леса и типов лесорастительных условий имеет давнюю историю [3]. В отечественной лесной науке и практике выделяются два крупных направления: украинское лесотипологическое, основанное на свойствах почвы, и подход В. Н. Сукачева, основанный на свойствах почвы, составе древостоя и нижних ярусов леса. Для каждого из этих направлений характерны сильные и слабые стороны, проявляющие себя в конкретных географических и почвенно-климатических условиях [4, 5, 6, 7].

Для Алтайского края характерен широкий спектр лесорастительных условий от увлажненных таежных до засушливых лесостепных и степных. Наибольший контраст между типами лесорастительных условий можно наблюдать в лесных насаждениях на вырубках и гарях в ленточных борах Алтайского края. На относительно небольшой площади здесь можно встретить разные по своим лесорастительным свойствам типы местообитаний. В 1957 г. Ленинградская лесоустроительная экспедиция разработала типологическую схему по геоморфологическому признаку, в которой рельеф играет решающую роль [8]. Выращивание устойчивых лесных насаждений с преобладанием отдельных типов лесорастительных условий, таких как «очень сухие» и «сухие», является непростой лесоводственной проблемой. Ключом к решению данной проблемы служит детальное изучение свойств и характеристик типов лесорастительных условий в ленточных борах и разработка научных рекомендаций для лесного хозяйства на их основе.

Цель работы — изучить основные типы лесорастительных условий на гарях разных лет в ленточных борах Алтайского края (Западная Сибирь).

Объекты и методы. Объекты исследований — площади, пройденные верховыми пожарами (гари), расположенные в лесостепной и степной зонах в лесном фонде ленточных боров Алтайского края. Лесостепная зона — гарь 2006 г. в Барнаульском лесничестве. Степная зона, засушливая степь — гарь 1999 г. в Новичихинском, гарь 1997 г. в Волчихинском лесничествах; сухая степь — гарь 1997 г. в Озеро-Кузнецовском лесничестве. Методы исследования: метод пробных площадей, геоботанических описаний, учетных площадок, почвенных образцов, измерения температуры почвы [9–12]. Номенклатура видов по С. К. Черепанову [13]. Сбор полевых данных проводился в начале, середине, конце периода вегетации растительного покрова. Исследования проводились в 2018–2019 гг.

Результаты исследований. Типы лесорастительных условий (ТЛУ) на гарях в ленточных борах Западной Сибири имеют геоморфологическую привязку, что было убедительно показано предыдущими исследователями [14–16]. Однако не приводились температурная и влажностная динамика почв по разным типам местообитаний, их флористический состав, оценка успешности лесовозобновления, последовательность стадий пирогенной сукцессии в разных природно-климатических зонах. Изученные нами ТЛУ являются преобладающими в лесном фонде ленточных боров, формируя типы леса: сухой бор пологих всхолмлений (Сбп) — 37,3%, свежий бор (Свб) — 33,7%, травяной бор (Трб) — 18,2%. Собранные нами данные свидетельствуют о существенных различиях между сухими и увлажненными типами лесорастительных условий (табл. 1).

Таблица 1

Типы лесорастительных условий на гарях в ленточных борах Западной Сибири

ТЛУ	Элемент мезорельефа	Влажность почвы на глубине 20 см, %	Температура почвы на глубине 20 см, °С	Толщина гумусового горизонта почвы, см	Густота подроста сосны, тыс. шт./га
Степная зона, сухостепная подзона					
Сухие (А*1*)	Пологая вершина	1,79	29,7	5	0,0
Влажные (А*3*)	Глубокая низина	15,57	17,2	11	0,08
Степная зона, засушливо-степная подзона					
Сухие (А*1*)	Пологая вершина	1,34	26,1	6	0,10
Свежие (А*2*)	Неглубокая низина	16,36	18,7	9	15,3
Влажные (А*3*)	Глубокая низина	5,71	15,8	12	3,4
Лесостепная зона, южно-лесостепная подзона					
Сухие (А*1*)	Пологая вершина	3,51	18,0	6	8,1
Свежие (А*2*)	Неглубокая низина	6,62	18,3	10	5,5

Примечание: влажность и температура почвы указаны для середины вегетации (июль).

Типы лесорастительных условий после пожара имеют разный гидротермический режим, толщину гумусового горизонта, которые, в свою очередь, определяют степень развития растительного покрова, наличие и густоту подроста сосны, рост и формирование лесных насаждений. Зональные климатические факторы (осадки, тепловой режим) распределяются грядово-увалистым рельефом с песчаными дерново-подзолистыми почвами. Песчаные почвы плохо удерживают влагу (капиллярный подъем влаги от уровня грунтовых вод составляет всего 70–80 см), поэтому верхний корнеобитаемый слой почвы (20–25 см) быстро теряет влагу на склонах и вершинах. Перепад высоты элементов рельефа высотой 1 м уже создает разные по своим характеристикам типы местообитаний в ленточных борах. В лесных насаждениях эти различия несколько сглаживаются микроклиматом, который создается лесным пологом, наличием на поверхности почвы слоя лесной подстилки и лесного опада. На гарях, которые нередко занимают большую площадь, с полностью уничтоженными огнем компонентами леса различие по типам лесорастительных условий проявляется очень контрастно. Значения отдельных показателей — содержание влаги в почве, температура верхних слоев почвы — достигают критических (минимальных, максимальных) для древесных и травянистых растений значений. Так, например, мы видим, что острый дефицит почвенной влаги и высокие значения температуры почвы на глубине 20 см (в зоне корней) препятствуют процессу естественного лесовозобновления в степной зоне. В лесостепной зоне значения этих же показателей носят умеренный характер, обеспечивая успешное возобновление сосны.

Для комплексной оценки лесорастительных условий на гарях необходимо шире использовать естественные индикаторы — виды древесных, кустарниковых и травянистых растений (табл. 2).

Таблица 2

Диагностические виды растений в разных типах лесорастительных условий на гарях в ленточных борах Западной Сибири

ТЛУ	Среднее число видов на 625 м^2	Диагностические виды растений
Степная зона, сухостепная подзона		
Сухие (А *1*)	23	Бурачок ленский (*Alyssum lenense* Adams) Цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) Качим метельчатый (*Gypsophila paniculata* L.) Тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.) Овсяница полесская (*Festuca polesica* Zapal.)
Влажные (А*3*)	34	Хвощ зимующий (*Equisetum hyemale* L.) Золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.) Зопник клубненосный (*Phlomoides tuberosa* (L.) Moench) Подмаренник настоящий (*Galium verum* L.) Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.)
Степная зона, засушливо-степная подзона		
Сухие (А *1*)	25	Овсяница полесская (*Festuca polesica* Zapal.) Тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.) Лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht.) Смолевка липкая (*Silene viscosa* (L.) Pers.)
Свежие (А*2*)	36	Кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) Хвощ зимующий (*Equisetum hyemale* L.) Клевер люпиновый (*Lupinaster pentaphyllus* Moench) Ива розмаринолистная (*Salix rosmarinifolia* L.)
Влажные (А*3*)	28	Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) Чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) Люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.) Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.)
Лесостепная зона, южно-лесостепная подзона		
Сухие (А *1*)	33	Остролодочник колокольчатый (*Oxytropis campanulata* Vass.) Прострел поникающий (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.) Полынь замещающая (*Artemisia commutata* Bess.)
Свежие (А*2*)	45	Ирис русский (*Iris ruthenica* Ker Gawl.) Шиповник майский (*Rosa maijalis* Herrm.) Ива козья (*Salix caprea* L.)

Диагностические виды растений растут в сообществе с другими видами, нередко широко распространенными в разных типах лесорастительных условий. Однако присутствие видов-индикаторов указывает на конкретный комплекс лесорастительных условий, характерный для определенных местообитаний. В ходе пирогенной сукцессии на гарях происходит смена доминантов растительного покрова, меняются соотношение видов, их встречаемость и обилие [16]. Но флористический состав остается достаточно однородным, так как его стабилизация происходит в начальные стадии пирогенной сукцессии (1–5 лет после пожара). Уже в 1–2 год после пожара можно установить типы лесорастительных условий, используя для этого виды-индикаторы, отрастающие или поселяющиеся на гарях совместно с другими видами [17]. Данная информация будет полезна при составлении проектов по лесовосстановлению, правильному назначению мероприятий, направленных на воспроизводство лесных экосистем после пожаров.

Заключение. В пределах гарей разных лет в ленточных борах Западной Сибири изучены три типа лесорастительных условий: сухие (А*1*), свежие (А*2*), влажные (А*3*). В каждом типе исследованы гидротермический режим почвы, растительный покров и выполнена оценка успешности процесса естественного возобновления.

Для сухих типов лесорастительных условий характерен неблагоприятный гидротермический режим с высокими летними температурами и дефицитом почвенной влаги, растительным покровом степного типа, неудовлетворительным процессом естественного возобновления.

В свежих и влажных типах лесорастительных условий наблюдается благоприятный гидротермический режим без критических значений температуры и дефицита влаги, растительным покровом лугового или лугово-лесного типа, успешным естественным возобновлением главной породы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ханина Л. Г. Классификация типов лесорастительных условий по индикаторным видам Воробьева-Погребняка: база данных и опыт анализа лесотаксационных данных // Вопросы лесной науки, 2019. — Т. 2. — № 4. — С. 1–30.

2. Петухов Н. В., Невидомов А. М. Современный этап применения лесной типологии в лесоустройстве и его первоочередные задачи // Лесной журнал, 2005. — № 3. — С. 28–45.

3. Морозов Г. Ф. О типах насаждений и их значении в лесоводстве // Лесной журнал, 1904. — Вып. 1. — С. 6–25.

4. Алексеев Е. В. Типы украинского леса. Правобережье. — Киев, 1925. — 64 с.

5. Воробьев Д. В. Типы лесов Европейской части СССР. — Киев: Изд-во АН УССР, 1953. –452 с.

6. Погребняк П. С. Основы лесной типологии. 2-е изд. Киев : АН УССР, 1955. — 456 с.

7. Сукачев В. Н. Растительная ассоциация и тип насаждений // Известия Ленинградского лесного института, 1925. — Вып. 32. — С. 39–58.

8. Бугаев В. А., Косарев Н. Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул : Алт. книж. изд-во, 1988. — 312 с.

9. Методы изучения лесных сообществ. — СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. — 240 с.

10. Понятовская А. А. Учет обилия и характера размещения растений в сообществах // Полевая геоботаника. — М. ; Л. : Наука, 1964. — Т. 3. — С. 209–285.

11. Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. — М. : Наука, 1966. — 64 с.

12. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М. : Агропромиздат, 1986. — 416 с.

13. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. — СПб. : Мир и семья, 1995. — 992 с.

14. Месоед И. Ю. Основные типы леса и естественное возобновление сосны в средней части зоны ленточных боров // Труды Лебяжинской ЗОНЛОС. — Свердловск ; М. : Гослестехиздат, 1934. — Вып. 1. — С. 50–72.

15. Грибанов Л. Н. Ленточные боры Алтайского края и Казахстана. — М. : Сельхозгиз, 1954. — 151 с.

16. Малиновских А. А. Степень развития растительного покрова в разных типах лесорастительных условий на гарях в ленточных борах Алтайского края // Лесной вестник, 2020. — Т. 24. — № 4. — С. 43–51.

17. Малиновских А. А., Куприянов А. Н. Пирогенные сукцессии в равнинных сосновых лесах южной части Западной Сибири. — Новосибирск : СО РАН, 2015. — 208 с.

УДК 634.0.241

ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ СМЕШАННЫХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА БУГРИСТЫХ ПЕСКАХ СРЕДНЕГО ДОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННЫХ И ВЛАЖНОСТНЫХ УСЛОВИЙ

Т. Я. Турчин[1], В. В. Танюкевич[2], А. С. Ермолова[1], Г. В. Кружилина[2]

[1] Филиал ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», ст. Вешенская Ростовской области, Россия

[2] НИМИ им. А. К. Кортунова — филиал Донского ГАУ, г. Новочеркасск, Россия

Приведены результаты 5-летних наблюдений за приживаемостью и ростом смешанных культур сосны крымской 1–5 годов роста на участке бугристых песков в условиях степной зоны европейской части России. Для оценки лесорастительных свойств почв производилось изучение их профиля и показателей приживаемости и роста лесных культур на 28 участках лесокультурной площади, приуроченных к возвышенным, равнинным и пониженным местоположениям. Оценивалось также влияние на успешность создаваемых смешанных лесных культур форм мезорельефа, погодных условий. Установлено, что для исследуемого лесокультурного участка характерны в основном дерновые почвы. Наиболее успешные лесные культуры сосны крымской формируются на дерновых среднемощных почвах на пониженных формах мезорельефа. Положительные результаты при введении спутников в культуры достигаются путем размещения пород с учетом их биоэкологических особенностей и при условии высокого уровня естественного увлажнения почв атмосферными осадками.

Ключевые слова: бугристые пески, песчаные почвы, лесопригодность, лесные культуры 1–5 годов роста, формы мезорельефа, условия увлажнения, приживаемость, прирост

Сосна крымская является одной из главных пород при лесомелиорации бугристых песков в степной зоне [1, 2, 6, 7].

Цель настоящего исследования — выявить различия в приживаемости и росте лесных культур древесных пород в зависимости от локальных почвенных и гидрологических условий, формирующихся на песчаном массиве на разных формах мезорельефа.

Материалы и методы. Объектом исследования являются смешанные по составу лесные культуры сосны крымской 1–5 годов роста, расположенные на бугристых песках степной зоны. Территориально лесокультурная площадь исследуемых лесонасаждений принадлежит крупному массиву боровых песков, который протянулся вдоль реки Дон по его левому берегу.

Формируется эта почвенная разность из сортированных перевеянных кварцевых песков, обладает мощным слабодифференцированным профилем со слабо выделяющимся аккумулятивным гумусовым горизонтом. Минеральная часть практически полностью (не менее 94%) представлена кремнеземом (кварцом), реакция водной вытяжки — слабокислая [4].

Исследования почв на лесокультурной площади проводились на почвенных прикопках глубиной 0,8–1,0 м. Выделялись генетические горизонты почв, описывались их мощность, окраска, структура, сложение и механический состав [5]. Наименование почвы давалось, исходя из ее принадлежности к определенному типу, подтипу, роду, виду и разновидности [3]. Согласно современным представлениям степень лесопригодности почвы связана с наличием засоления, солонцеватости, карбонатных

горизонтов в профиле; глубиной залегания корненепроницаемых экранов; уровнем эродированности [10].

Количество атмосферных осадков по годам наблюдений определялось по данным метеостанции станицы Казанской Ростовской области.

Приживаемость лесных культур оценивалась общепринятым методом как отношение числа посадочных мест, занятых культивируемыми растениями, к общему числу посадочных мест [11]. Вычислялся средний периодический прирост культивируемых растений по высоте по формуле:

$$Z^{ср}_{период} = (T - t_n)/n,$$

где $Z^{ср}_{период}$ — средний периодический прирост, см;

T — высота сеянцев в настоящее время, см (по данным учета на конец 2017 г.);

t_n — высота сеянцев при посадке n лет назад, см.

Результаты и их обсуждение. Рельеф лесокультурного участка — резко пересеченный, насчитывается 12 песчаных бугров эолового происхождения высотой до 4 м. Данная территория согласно типологической схеме К.А. Лашкевича (1963) относится к сухим бугристым пескам на светло-серых мелкогумусированных почвах с преобладанием песчаностепной растительности.

Уровень залегания грунтовых вод на территории массива по западинам и в котловинах выдувания колеблется от 3 до 4 м, по буграм и склонам их уровень значительно ниже [8, 9]. Поскольку грунтовые воды на лесокультурном участке для растений в лесных культурах 1–5-летнего возраста практически недоступны, большое значение для обеспечения их влагой имеют водно-физические свойства почв и количество выпадающих атмосферных осадков.

Важное значение для формирования водного режима песков имеет и их мезорельеф — на равнинных и пониженных местоположениях создаются более благоприятные условия для накопления дефицитной влаги особенно за счет осадков холодного периода.

Результатами наших исследований установлено ***6 основных групп почвенных разностей:*** на возвышенных участках — слабозакрепленные пески и дерновые маломощные почвы; на равнинных местоположениях — дерново-среднемощные и дерново-сильноподзолистые; в пониженных местах — дерновые мощные и дерново-подзолистые почвы.

Лесопригодность ***возвышенных участков*** ограничена слабой мощностью гумусового горизонта и низким содержанием в нем гумуса. Химические свойства этих почв — кислая реакция, низкая насыщенность основаниями, невысокая обеспеченность подвижными формами фосфора и азота. Низкое плодородие почв в совокупности с высокой их засухоустойчивостью свидетельствует о развитии здесь очень сухих боровых лесорастительных условий (А*0*).

Наличие подзолистого горизонта в дерновых почвах ***на равнинных местоположениях*** связано с их промывным режимом. Для почв этого типа характерны кислая реакция, слабая степень насыщенности основаниями верхних горизонтов, обусловленная в том числе низким содержанием обменных кальция и магния. В целом на почвах равнинных местоположений складываются, как правило, сухие боровые условия (А*1*).

В ***пониженных местоположениях*** рельефа почвообразовательные процессы происходят наиболее динамично и имеют разную направленность, что объясняется более интенсивным промывным и аккумулятивным режимами. В большинстве случаев на таких участках бугристых песков формируются свежие боровые лесорастительные условия (А*2*).

Одним из наиболее существенных факторов, определяющих приживаемость сосны крымской, а также сопутствующих пород, является влажность почвы на уровне корнеобитаемого слоя. Этот показатель напрямую связан с количеством осадков в период активного роста. Предшествующими исследованиями установлено, что между приживаемостью высаживаемых растений и количеством атмосферных осадков существует прямая и сильная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции >0,78). Величины коэффициента детерминации свидетельствуют о том, что количество осадков в 61–100% случаев определяет приживаемость сосны крымской [8, 9].

Анализ количества атмосферных осадков в вегетационный и холодный периоды 2013–2017 гг. показал, что наиболее благоприятными стали 2013 и 2016, 2017 гг. Влагодефицитными стали вегетаци-

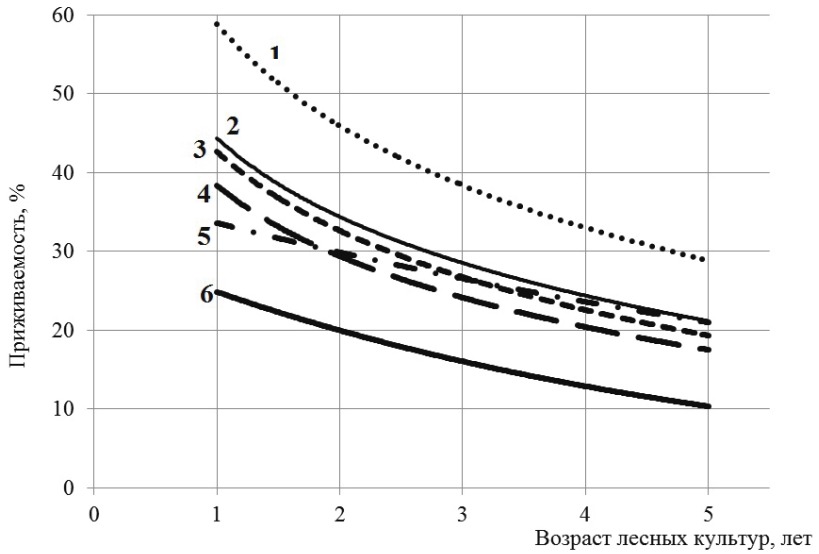
онные периоды 2014 и 2015 гг. При этом в 2015 г. наблюдалось крайне неравномерное распределение атмосферной влаги — в апреле выпало 53% осадков, а на наиболее жаркие летние месяцы — июль и август — в сумме пришлось только 12% осадков. В 2014 г. наблюдался более острый дефицит осадков по сравнению с 2015 г., но характер их распределения был благоприятнее — в апреле-июне выпадало от 14 до 18% осадков, на июль-август пришлось суммарно более 40% выпавшей атмосферной влаги.

Регрессионный анализ, зависимость приживаемости сеянцев сосны крымской в культурах разного возраста от почвенных условий [8] наилучшим образом описываются графиками логарифмической (аппроксимирующие кривые 1–4) и экспоненциальной (аппроксимирующие кривые 5–6) функций (см. рис.).

Вид уравнений регрессии:

$$y_1 = -18{,}669\ ln(x) + 58{,}902,\ R^2 = 0{,}474;$$
$$y_2 = -14{,}436\ ln(x) + 44{,}406,\ R^2 = 0{,}714;$$
$$y_3 = -14{,}508\ ln(x) + 42{,}693,\ R^2 = 0{,}463;$$
$$y_4 = -12{,}973\ ln(x) + 38{,}399,\ R^2 = 0{,}537;$$
$$y_5 = 37{,}803\ e^{-0.118}x,\ R^2 = 0{,}379;$$
$$y_6 = 30{,}975\ e^{-0.219}x,\ R^2 = 0{,}464.$$

Наиболее высокая приживаемость сеянцев сосны крымской на массиве зарегистрирована на дерновых среднемощных почвах на пониженных участках рельефа (кривая 1), где дерновый процесс почвообразования сопровождается формированием гумусового горизонта средней мощности с содержанием гумуса 0,5–1,0% и благоприятным режимом влагонакопления. Среднее количество прижившихся растений в 1-й вегетационный период достигает почти 60%, по истечении 4 лет это значение уменьшается до 30%.



Зависимость приживаемости *y* лесных культур сосны крымской в возрасте *x* лет от почвенных условий: 1 — дерновые почвы на пониженных местоположениях; 2 — дерновые почвы на равнинных местоположениях; 3 — подзолистые почвы на пониженных местоположениях; 4 — дерново-подзолистые почвы на равнинных местоположениях; 5 — дерновые почвы на возвышенных местоположениях; 6 — пески слабозакрепленные на возвышенных местоположениях

Наименьшая средняя приживаемость сеянцев сосны крымской зарегистрирована в лесных культурах на песках слабозакрепленных, особенно на возвышенных местоположениях рельефа, т. е. на неплодородных бесструктурных почвах с наименее благоприятными условиями влагонакопления.

Динамика роста сеянцев сосны крымской в 1–5-летних культурах оценивается величиной их среднего периодического прироста в разном возрасте. Изменение этого показателя на разных почвах наиболее достоверно описывается графиками логарифмической функции.

Наиболее высокими значениями среднего периодического прироста на протяжении 1–5 года жизни обладают лесные культуры сосны крымской на дерновых среднемощных и сильноподзолистых почвах пониженных местоположений, при этом наблюдается снижение средних значений прироста за 4-летний период до 0,5 см.

Наименее успешный рост наблюдается у сеянцев сосны крымской, высаженных на песках слабозакрепленных возвышенных местоположений. Величина среднего периодического прироста мало изменяется по годам (от 2,2 до 2,0–1,9 см), снижаясь не более чем на 0,3 см.

Рассмотрим показатели приживаемости и роста сопутствующих пород (табл.).

Приживаемость и прирост сопутствующих пород в 1–5-летних лесных культурах сосны крымской

№ участка	Наименование породы	Параметры посадочного материала	Дата посадки	Возраст, лет	Доля приживших растений,%	Средний периодический прирост, см
Возвышенные местоположения						
2	Клен остролистный	СН-2**	Март 2015 г.	3	50,0	2,5
	Береза повислая	СЖ-2**	Апрель 2017 г.	1	100,0	10,6
3	Береза повислая	СЖ-3**	Апрель 2017 г.	1	100,0	7,3
4	Клен остролистный	СН-2*	Апрель 2016 г.	2	38,9	3,3
Равнинные местоположения						
8	Дуб красный	СН-2	Октябрь 2015 г.	2	77,8	3,4
10	Ясень пенсильванский	СН-2	Апрель 2013 г.	5	50,0	2,8
	Вяз обыкновенный	СН-2	Апрель 2015 г.	3	33,7	4,0
11	Ясень пенсильванский	СН-2	Апрель 2013 г.	5	19,2	2,1
	Вяз обыкновенный	СН-2	Апрель 2016 г.	2	45,0	7,3
12	Дуб черешчатый	СН-2	Апрель 2015 г.	3	18,0	1,4
	Береза повислая	СЖ-3**	Апрель 2017 г.	1	91,6	12,0
Пониженные местоположения						
13	Ясень пенсильванский	СН-2	Апрель 2013 г.	5	66,7	3,7
15	Клен остролистный	СН-2**	Апрель 2015 г.	3	14,0	2,2
17	Ясень пенсильванский	СН-2	Апрель 2013 г.	5	71,4	3,8
	Каркас западный	СН-2	Апрель 2014 г.	4	50,0	5,2
	Каркас западный	СН-2	Октябрь 2015 г.	2	96,0	10,0
18	Дуб красный	СН-2**	Октябрь 2015 г.	5	75,0	2,0

Примечание: СН-2 — сеянцы 2-летние; СЖ — 2 (3) — саженцы 2- или 3-летние; * — посадочный материал с закрытой корневой системой; ** — осуществлялся 2-кратный полив в течение вегетационного периода.

Малотребовательная к почвенному плодородию *береза повислая* высаживалась на лесопригодных дерновых маломощных почвах возвышенных местоположений и дерновых среднемощных почвах равнинных местоположений. Успешность приживаемости и высокий текущий прирост саженцев на 1-м году жизни практически не связаны с параметрами посадочного материала и почвенными условиями, а в большей степени были достигнуты благодаря 2-кратному поливу в засушливый летний период и благоприятным условиям увлажнения 2017 г. *Каркас западный,* высаженный на лесопригодных дерновых среднемощных почвах пониженных местоположений, характеризуется в 2-летних культурах хорошей приживаемостью и величиной среднего периодического прироста от 5,2 до 10,0 см без дополнительных мер содействия росту (поливов, повышения плодородия почвы при посадке). Очевидно, указанная порода обладает высокой толерантностью к данным почвенным и гидрологическим условиям.

Сеянцы среднетребовательных спутников — дуба красного, дуба черешчатого и ясеня пенсильванского высаживались на лесопригодных и ограниченно лесопригодных почвах равнинных и по-

ниженных местоположений. Анализ величины приживаемости и текущего прироста показали, что для успешного приживания и роста сеянцев *дуба красного*, *дуба черешчатого* и *ясеня пенсильванского* на дерновых и дерново-подзолистых почвах требуются либо высокая влагообеспеченность вегетационного периода как в 2013 и 2016 гг., либо проведение поливов.

Сеянцы требовательных к почвенному плодородию пород высаживались на ограниченно лесопригодных почвах возвышенных, и равнинных, и пониженных местоположений. *Клен остролистный* на дерновых среднемощных почвах возвышенных положений в целом показал удовлетворительную приживаемость и рост до 3,3 см в год; значимый эффект был получен от проведения полива в засушливый период лета. Следует отметить очень высокое негативное влияние на клен остролистный летней засухи 2015 г., когда обгорают молодые листья и побеги растений; по всей видимости, при дальнейшем использовании этой породы необходимо производить посадку сеянцев на склонах теневой экспозиции. *Вяз обыкновенный* высаживался на дерновых маломощных почвах равнинных местоположений и к 2–3-летнему возрасту лесных культур достиг удовлетворительных показателей приживаемости, а средний периодический прирост составил 7,3 см и 4,0 см. Приживаемость и рост сеянцев вяза, высаженных в засушливом 2015 г., несколько ниже по сравнению с высаженными в 2016 г. в условиях благоприятного увлажнения атмосферными осадками.

Выводы

1. На лесокультурной площади наиболее распространенными являются мало- и среднемощные дерновые песчаные почвы. Слабозакрепленные пески отмечаются на возвышенных местоположениях (буграх). Образование в некоторых случаях дерново-подзолистого и подзолистого типов почв обусловлено промывным режимом равнинных и пониженных участков мезорельефа. Лесопригодность песчаных почв ограничивается их низким плодородием и водно-физическими свойствами.

2. За 5-летний период создания лесных культур средняя многолетняя величина количества выпавших атмосферных осадков была достигнута в первый, четвертый и пятый годы посадки, во второй и третий годы наблюдался дефицит осадков и крайне неблагоприятное распределение их в течение вегетационного периода.

3. По показателям приживаемости и среднего периодического прироста наиболее успешными на лесокультурном участке являются лесные культуры сосны крымской на дерновых среднемощных почвах пониженных местоположений. Средними по успешности являются культуры на дерновых маломощных и среднемощных песчаных почвах равнинных местоположений, а также подзолистые песчаные почвы пониженных местоположений. Наименее успешными являются культуры на дерново-подзолистых и дерновых маломощных почвах равнинных местоположений. Создание лесных культур сосны крымской на слабозакрепленных песках возвышенных местоположений (буграх) без мелиоративных мероприятий и специальных агротехнических приемов низкоэффективно.

4. Анализ показателей приживаемости и текущего прироста спутников в лесных культурах сосны крымской показал, что основные сопутствующие породы — дуб черешчатый, вяз обыкновенный, ясень пенсильванский — следует высаживать на лесопригодных почвах пониженных или равнинных местоположений в годы с прогнозируемым высоким уровнем увлажнения атмосферными осадками. В других условиях без предварительной мелиорации почв и проведения полива введение лиственных спутников в культуры сосны крымской не рекомендуется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаель А. Г., Маланьин А. Н. Об особенностях почвообразования на песках и о дерновых неоподзоленных почвах // Почвоведение, 1977. — № 4. — С. 23–34.

2. Дубянский В. А. Пески Среднего Дона. — М. : Сельхозгиз, 1949. — 232 с.

3. Егоров В. В., Фридланд В. М., Иванова Е. Н. и др. Классификация и диагностика почв СССР. — М. : Колос, 1977. — 224 с.

4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. — URL: http:// infosoil.ru/ reestr/ content/1sem. php#soils (дата обращения 26.12.2017).

5. Круглов Н. М., Буданцев П. Б., Тарасенко Н. М. Агроэкологическая оценка основных свойств почв. — Воронеж : ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. — 219 с.

6. Лашкевич К. А. Лесорастительное районирование и типология Придонских песков // Сборник научных работ Донской НИЛОС ВНИИЛМ, 1963. — Вып. 2. — С. 3–23.

7. Миронов В. В. Облесение песков Юго-Востока. — М. : Лесн. пром-сть, 1970. — 168 с.

8. Турчин Т. Я., Ермолова А. С., Пичуева Г. В. Приживаемость и рост аборигенных и интродуцированных видов древесных растений на среднебугристых песках в степной зоне // Лесохозяйственная информация: электрон. сетевой журнал, 2017. — № 3. — С. 20–34. URL: http: //lhi.vniilm.ru.

9. Турчин Т. Я., Пичуева Г. В., Чукарина А. В. Приживаемость культур сосны крымской на бугристых песках северной части Ростовской области // Лесоведение, 2017. — № 6. — С. 418–423.

10. Энциклопедия лесного хозяйства : в 2-х т. — М. : ВНИИЛМ, 2006. — Т. 1. — 424 с.

11. Энциклопедия лесного хозяйства : в 2-х т. — М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 2. — 416 с.

УДК 634.0.228 (571.150)

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЧУПИНСКОГО БОРА

А. С. Чичкарев, А. А. Маленко, В. С. Мишустин

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Приводятся данные о формировании культур сосны 22-летнего возраста, созданных на темно-серых лесных почвах в условиях засушливой степи. При густоте посадки 2,7 тыс. деревьев на 1 га и порядном размещении деревьев сосна формирует эллипсовидную крону. В сложении древесного полога участвует 28,7% лидирующих в росте особей. Искусственные насаждения сосны характеризуются ростом, соответствующим Iб классу бонитета, запасы сырорастущей древесины составили 248 м^3/га. В целях повышения устойчивости искусственных сосняков необходимо провести рубки ухода с удалением отставших в росте деревьев.

Ключевые слова: засушливая степь, темно-серые лесные почвы, лесные культуры сосны, рост, продуктивность

Введение. Одной из важнейших проблем в лесном хозяйстве России является воспроизводство в кратчайшие сроки лесных ресурсов хозяйственно ценными породами и повышение их продуктивности. На территории Алтайского края большое разнообразие почвенно-климатических условий, что оказывает прямое влияние не только на характер ведения лесного хозяйства, но и на породный состав культур и технологию их создания. Поэтому важно определить, в каких типах леса наиболее целесообразно выращивание лесных культур, а где необходимо принять меры содействия для успешного возобновления основных древесных пород [3, 6]. Эти сложные вопросы можно решить путем анализа многолетнего производственного опыта и проведения новых исследований. Отмеченное выше является актуальным и для Чупинского бора, расположенного в засушливой степи.

Цель работы: изучить опыт выращивания искусственных лесных насаждений на темно-серых лесных почвах Чупинского бора.

Методика работ и характеристика объектов. Изучение особенностей формирования искусственных насаждений сосны и закономерностей роста деревьев проводилось в 22-летних культурах сосны методом закладки пробных площадей (ПП) в соответствии с ОСТ 56–69–83 [5]. Таксационные показатели определяли общепринятыми в лесном хозяйстве методами [1], расчет запаса древесины проводился по объемным таблицам для сосновых древостоев ленточных боров Прииртышья [4].

Исследуемые чистые по составу лесные культуры сосны расположены в Белоглазовском участковом лесничестве Шипуновского лесничества. Посадочным материалом для их создания служили

2-летние сеянцы сосны обыкновенной, выращенные в питомниках южной части ленточных боров из семян местной репродукции.

Рельеф на лесокультурной площади представлен слабо покатой равниной. На кромке леса, примыкающей к лесным культурам, произрастает подлесок, состоящий из редкой черемухи, клена ясенелистного, таволги, вишни степной, реже калины. Под пологом сосны естественное возобновление представлено единичными экземплярами, по состоянию — благонадежное. Лесная подстилка сплошная, равномерная, мощностью 2–2,5 см, интенсивно минерализуется. Обработка почвы механизированная, проведена плужными бороздами. Посадка весенняя, механизированная, направление борозд с севера на юг, т. е. перпендикулярно господствующим ветрам. При схеме посадки 3,0×0,7 м исходная густота составила 4,7 тыс. шт. сеянцев на 1 га. За посадками проводились регулярные агротехнические механизированные и ручные уходы. Формирование лесных культур проходило в режиме самоизреживания. На период исследования они находятся в сомкнутом состоянии. В хорошо просматриваемых рядах живой напочвенный покров отсутствует или редкий, представлен степным разнотравьем, сильно угнетен.

Почва в исследуемых культурах темно-серая лесная, имеет легкий гранулометрический состав от связно-песчаного до легкосуглинистого. Преобладают фракции крупного и среднего песка. Характеризуется невысоким содержанием гумуса в верхних горизонтах (от 1,2 до 2,0%). Реакция среды верхнего горизонта нейтральная, в нижележащих горизонтах — слабощелочная.

Сомкнутость полога является важным лесоводственным показателем, определяющим лесную обстановку в насаждении. Скорость смыкания зависит от условий произрастания, густоты и схемы посадки, а в смешанных насаждениях и от древесной породы. В исследуемых 22-летних культурах сосны при исходной густоте 2,74 тыс. шт./га древесный полог имел следующие показатели: средние диаметры кроны вдоль ряда — 1,67±0,06 м, поперек ряда — 2,35±0,07 м; площадь кроны одного дерева — 3,28 м^2, сомкнутость крон — 1,46 ед.; сомкнутость полога — 0,8, коэффициент перекрытия — 0,8. В целом сформировавшаяся эллипсовидная форма кроны деревьев указывает на необходимость проведения изреживания в рядах посадок.

Распределение деревьев в 22-летних культурах сосны по классам роста и развития характеризуется следующим соотношением: господствующих и согосподствующих, отнесенных к I и II классам роста и развития — 28,7%, средние размеров (III класс) — 40,1%, различной степени отставших в росте — 31,2%. Средний класс роста и развития составил III,0.

Исследованные лесные культуры характеризуются хорошими показателями роста и продуктивности (см. табл.).

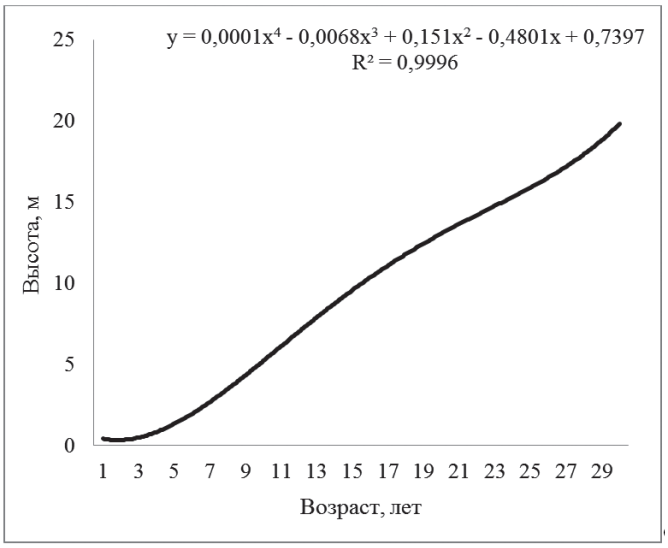
Лесоводственно-таксационные показатели 22-летних культур сосны

Густота, шт./га	Средние		Класс бонитета	Полнота, ед-цы	Сумма площ., сеч., м^2/га	Запас, м^3/га		Средний прирост, м^3/га	Общая продуктивность, м^3/га
	диаметр, см	высота, м				растущий	сухостой		
2741	14,1	14,9	Ia	1,6	49,5	248	5	11,3	253

В культурах снижение густоты проходило за счет естественного отпада деревьев. Рассматривая процесс отмирания деревьев, следует отметить, что он проходил естественным путем и носил низовой характер. Признаков повреждения деревьев вредителями и болезнями не обнаружено. Не обнаружено также буреломных и ветровальных деревьев, что свидетельствует о формировании устойчивых лесных насаждений.

Сортиментная структура древостоя сосны на 89,5% представлена деревьями с деловым качеством стволов. Основным фактором, снижающим процент деловых стволов, являются широкие междурядья, обеспечивающие хорошую освещенность кроны деревьев и как следствие способствующие формированию у деревьев большого количества сучьев. В древостое доля деловой древесины составила 78,2%, дровяной — 5,7%, отходов — 16,1%. Из деловой древесины преобладает мелкотоварная — 53,3%, средней — 25,2%.

Рост культур сосны по высоте характеризуется восходящим трендом (рис.). Прирост сосны в высоту начинается с первых лет после посадки. Кульминация прироста в высоту наступает в возрасте 10 лет. Установление периода кульминации лесных насаждений имеет большое значение в лесном хозяйстве, поскольку служит ориентиром начала проведения первого ухода. В целом отмеченные нами изменения прироста деревьев в высоту в культурах сосны сходны с теми, которые имеют место в других регионах [1, 2, 7].



Ход роста лесных культур сосны по высоте

Заключение. Формирование 22-летних искусственных насаждений сосны, созданных по бороздам на темно-серых лесных почвах в условиях засушливой степи, проходит по закономерностям, свойственным другим регионам. При густоте посадки 2,7 тыс. деревьев на 1 га и порядном размещении деревьев сосна формирует эллипсовидную крону. В сложении древесного полога участвует 28,7% лидирующих в росте особей и 40,7% средних по размерам деревьев. Сформированные на темно-серых лесных почвах Чупинского бора искусственные насаждения сосны характеризуются ростом, соответствующим Iб классу бонитета с запасом сырорастущей древесины 248 м^3/га. В целях повышения устойчивости искусственных сосняков необходимо провести рубки ухода с удалением отставших в росте деревьев, имеющих диаметр ниже среднего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. — М. : Лесная промышленность, 1977. — 512 с.

2. Маленко А. А., Чичкарев А. С., Мишустин В. С. Формирование защитных насаждений сосны Чупинского бора // От биопродуктов к биоэкономике : мат-лы III межрег. научн.-практич. конф. (с междун. уч.) (7–8 ноября 2019 г.) / под ред. А. Н. Лукьянова. — Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2019. — С. 313–316.

3. Маленко А. А. Рост и продуктивность искусственных насаждений в ленточных борах Западной Сибири : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук. — Екатеринбург : Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2012. — 40 с.

4. Нормативы для таксации лесов Казахстана / отв. ред. А. А. Макаренко. — Алматы : Кайнар, 1987. — Ч. I. — Кн. I. — 236 с.

5. ОСТ 56–69–83 Пробные площади лесоустроительные, метод закладки. — 59 с.

6. Парамонов Е. Г., Ананьев М. Е. Оценка роста различных древесных пород в сухой степи // Вестник АГАУ, 2011. — № 31 (75). — С. 19–23.

7. Чичкарев А. С., Маленко А. А., Баженов Д. Е. Формирование культур сосны на дерново-карбонатных почвах Чупинского бора // Аграрная наука — сельскому хозяйству : XVI Междунар. научн.-практич. конф. (г. Барнаул, 9–10 февраля 2021 г.). : сб. мат-лов: в 2 кн. — Барнаул : РИО АГАУ, 2021. — Кн. 1. — С. 303–304.

БИОТЕХНОЛОГИИ В САДОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 582.734.4:615.322

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВОГО АППАРАТА У РЕГЕНЕРАНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЕХАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ БИОГЕННОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ФЛАВОНОИДОВ ЗЕЛЕНОГО ЧАЯ

Е. В. Амброс[1], Е. Г. Трофимова[2], Т. И. Новикова[1]

[1] Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

[2] Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Впервые с помощью световой и сканирующей микроскопии показано, что включение в состав базовой питательной среды по прописи Гамборга-Эвелега механокомпозита на основе биогенного диоксида кремния и флавоноидов зеленого чая (МК) в концентрациях 2,5, 5,0, 10,0 мг/л способствует структурно-адаптационным изменениям листовых пластинок у регенерантов земляники садовой («Альфа» и «Солнечная полянка») на этапе укоренения *in vitro*. Под действием МК отмечены изменения микроструктуры и накопления эпикутикулярных восков на адаксиальной и абаксиальной эпидерме листьев. Установлен индуцирующий эффект МК на увеличение толщины кутикулярного слоя (до 30%) адаксиальной стороны листа у регенерантов изученных сортов при добавлении в состав среды в концентрации 5,0 мг/л. Определенные изменения характерны для фенотипов с высоким потенциалом устойчивости к изменениям температуры, влажности, механическим повреждениям при пересадке растений из условий *in vitro* в условия *ex vitro*.

Ключевые слова: кутикула, эпикутикулярный воск, земляника садовая, *in vitro*

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozier) ценится во всем мире как культура, представляющая первостепенный интерес как для исследований, так и для производства ягод. Мировой спрос на эту культуру значительно возрастает с каждым годом из-за ее превосходного вкуса, аромата и лекарственных свойств. Методы клонального микроразмножения *F.* × *ananassa* используются для крупномасштабного размножения сортов с желаемыми признаками, оздоровления растений от патогенов, ускорения селекционных программ. Однако, несмотря на ряд преимуществ, размножение растений *in vitro* способствует развитию слабофункциональных морфо-анатомических показателей листовой пластинки регенерантов [1], обусловленных условиями культивирования (высокая относительная влажность, низкий газообмен со средой *ex vitro*, наличие экзогенных углеводов, регуляторов роста, низкая скорость поглощения CO_2) [2].

В этой связи поиск новых биологических соединений, обладающих ростстимулирующей и адаптационной активностями, является актуальной задачей. В настоящее время большое внимание уделяется возможностям применения препаратов, полученных из возобновляемого растительного сырья, ввиду экологической чистоты, преимуществам обработки и низкой себестоимости. Механокомпо-

зит (МК) на основе шелухи риса и зеленого чая является перспективным препаратом для применения в технологиях *in vitro* [3]. МК содержит водорастворимый мономерный кремний (34±0,7 мг/л) и флавоноиды зеленого чая. Сумма флавоноидов в сырье зеленого чая составляет 9%, из них катехинов — 8,7% (эпигаллокатехин — 4,9%, эпигаллокатехин галлат — 2,5%, эпикатехин галлат — 1,3%). Кремний как макроэлемент оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, особенно в условиях биотического и абиотического стрессов [4]. Катехины, основные компоненты зеленого чая, обладают хелатирующими функциональными группами и способны существенно повысить растворимость кремния [3].

Предыдущими исследованиями показано, что культивирование регенератов земляники на средах с МК способствует изменению анатомической структуры листовых пластинок растений в условиях *in vitro*, увеличивая плотность устьиц на единицу площади листа, размеры устьичных щелей, толщину эпидермы и мезофилла. Определено, что под действием МК формируются растения, характеризующиеся более высоким фотосинтетическим потенциалом [5, 6]. Известно, что к анатомо-морфологическим параметрам листа, способствующим устойчивости растений к факторам среды, относят специфику микроморфологии эпикутикулярного слоя, толщину кутикулы, мезофилла, строение устьиц и ряд других особенностей. Подобные изменения необходимы в последующем для успешной адаптации микрорастений к условиям *ex vitro*, так как данный этап в основном связан с наибольшей гибелью растений. В этой связи целью исследования было изучение микроморфологических изменений листовых пластинок у растений-регенерантов *F.* × *ananassa* в условиях *in vitro* под действием МК на основе биогенного диоксида кремния и флавоноидов зеленого чая для получения фенотипов с высокофункциональными структурными показателями листового аппарата.

Микроморфологические показатели листьев оценивали у микрорастений двух сортов земляники садовой «Альфа» и «Солнечная полянка» в конце этапа укоренения *in vitro* (через 8 недель культивирования) под действием различных концентраций МК (0,0, 2,5, 5,0, 10,0 мг/л). Препарат добавляли в питательную среду по прописи Гамборга-Эвелега [7] до автоклавирования (121 °С, 2,1 атм. в течение 20 мин). Культуры содержали под люминесцентными лампами холодного белого света (TL–D 36W/54–765, Philips, Нидерланды) с интенсивностью 3000 лк, периодом освещения 16 часов при температуре 23±2 °С. Для анализа брали второй по счету лист от верхушечной почки побега, затем вырезали секции из средней части листа размером 5,0×5,0 мм. Исследовали десять листьев для каждого варианта, используя один лист на растении. Для изучения особенностей кутикулярного слоя листовых пластинок обезвоженный материал заключали в гисторезину Technovit 7100 (Heraeus Kulzer GmbH, Германия) согласно рекомендациям производителя. Поперечные срезы толщиной 7 мкм подготавливали с помощью ротационного микротома HM-325 (Microm, Германия) и окрашивали 0,2%-ным суданом черным «Б» [8]. Препараты анализировали с помощью оптического длиннофокусного цифрового микроскопа с высоким разрешением KEYENCE VHX-5000 (Япония). Для каждого варианта проведено 500 морфометрических измерений (рис. 1). Микроморфологию эпикутикулярных восков изучали на электронном сканирующем микроскопе EVO MA-10 с программой SmartSEM (CarlZeiss, Германия) с напылением сухих листьев золотом. Просматривали десять отдельных неповторяющихся полей зрения для каждого листа.

Определено, что толщина кутикулы на адаксиальной стороне листа у сорта «Солнечная полянка» достоверно увеличивалась в 1,2 раза при добавлении в состав базовой среды 5,0 мг/л МК по сравнению с контролем ($P<0.05$) (табл.). Концентрации 2,5 и 10,0 мг/л не способствовали увеличению толщины кутикулы у этого сорта. У сорта «Альфа» толщина кутикулы увеличивалась под действием всех концентраций МК. Максимальные значения толщины (в 1,3 раза) определены под действием 5,0 мг/л МК ($P<0,05$). Результаты двухфакторного дисперсионного анализа свидетельствуют о значимости фактора «концентрация МК» и сочетания факторов «концентрация МК × сорт» на толщину кутикулярного слоя.

Выявленные изменения кутикулярного покрова листовых пластинок регенерантов *F.* × *ananassa* под действием МК дополнили исследования морфологии структур эпикутикулярных восков листьев-регенерантов. Микроструктура адаксиальной и абаксиальной эпидермы листьев контрольных растений отличалась от растений, выращенных в присутствии МК. Варианты с МК характеризовались

выраженными кутикулярными складками, обилием восковых отложений и разнообразием морфологических форм восков (нити, зерна, гранулы) по сравнению с вариантами без МК (рис. 1).

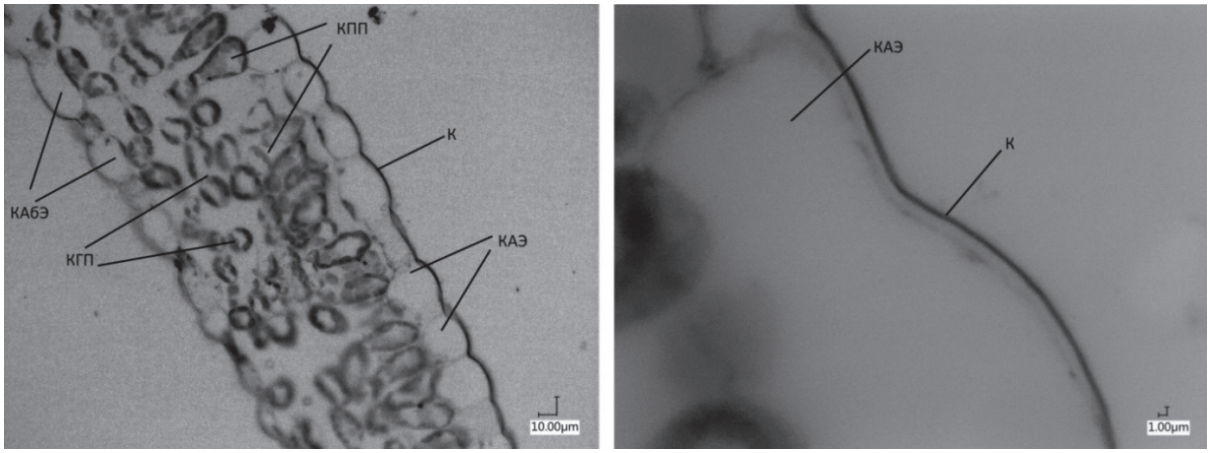


Рис. 1. Анатомическое строение листа *F.* × *ananassa* (сорт «Солнечная полянка») через 8 недель культивирования *in vitro* на безгормональной среде Гамборга-Эвелега – контроль (0,0 мг/л МК): К – кутикула, КАЭ – клетки адаксиальной эпидермы, КАБЭ – клетки абаксиальной эпидермы, КПП – клетки палисадной паренхимы, КГП – клетки губчатой паренхимы

Форма эпикутикулярных восков и интенсивность воскообразования изменялись под действием разных концентраций МК. У контрольных растений воска равномерно покрывали всю поверхность верхней эпидермы и имели форму палочек (рис. 2а). Под действием МК отмечено неравномерное распределение и изменение формы восков от палочек до гранул (рис. 2б). Клетки нижней эпидермы в вариантах без МК слабо просматриваются из-за восков в форме палочек (рис. 2в). В присутствии препарата воска образуют структуры различной формы в виде мембрановидных пластинок, гранул (рис. 2г) или нитей, которые образуют конгломераты.

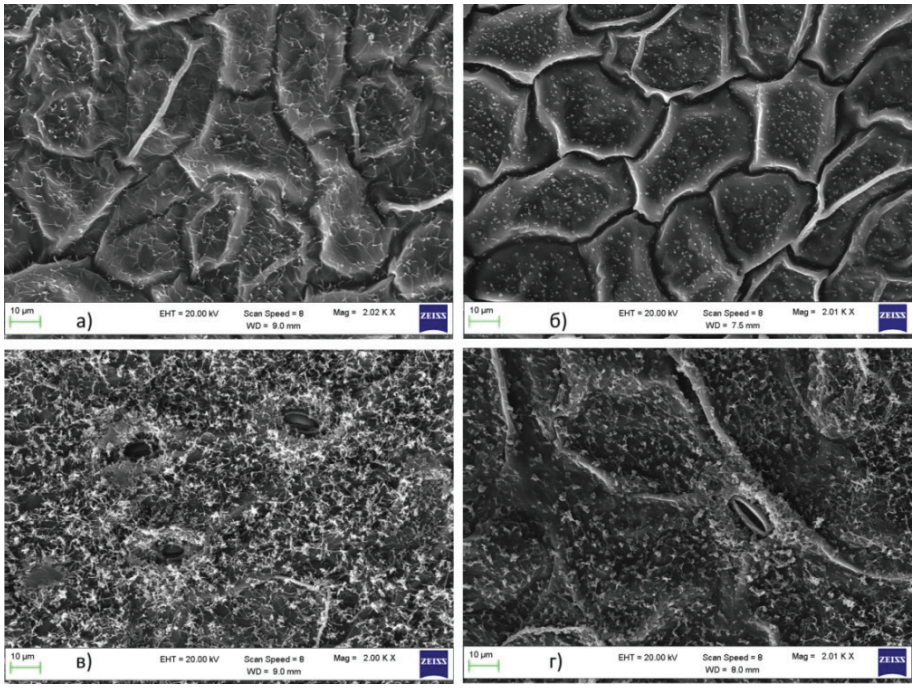


Рис. 2. Микроструктура адаксиальной (вверху) и абаксиальной (внизу) эпидермы листовых пластинок регенерантов *F.* × *ananassa* («Альфа») через 8 недель культивирования *in vitro* (базовая среда Гамборга-Эвелега): а, в – контроль (0,0 мг/л МК); б, г – под действием МК в концентрации 5,0 мг/л

Побочные клетки устьичного аппарата во всех вариантах утолщены, покрыты воском сильнее и выпирают над основными клетками абаксиальной эпидермы.

Влияние механокомпозита на основе биогенного диоксида кремния и флавоноидов зеленого чая (МК) на толщину кутикулярного слоя адаксиальной стороны листовых пластинок *F. ananassa* на этапе укоренения *in vitro* (8 недель культивирования, основная среда Гамборга-Эвелега)

Сорт / Концентрация МК, мг/л	Толщина кутикулы, мкм			
	0,0	2,5	5,0	10,0
«Солнечная полянка»	0,677±0,007b	0,648±0,004c	0,799±0,004a	0,630±0,005d
«Альфа»	0,585±0,011c	0,764±0,013a	0,786±0,020a	0,656±0,014b
Дисперсионный анализ				
Концентрация МК	***	***	***	***
Сорт	Нет различий	Нет различий	Нет различий	Нет различий
Концентрация МК × сорт	***	***	***	***

Примечание: данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок (M±m). Средние значения в строках, за которыми следуют одинаковые буквы, не имеют значимого отличия друг от друга в соответствии с тестом Дункана при $P<0,05$. Влияние факторов оценено с помощью многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Различия достоверны при $^{***}P<0,001$.

Таким образом, наши эксперименты подтверждают индуцирующий эффект МК на структурные изменения листовых пластинок регенерантов земляники садовой. В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы не только для оптимизации технологии клонального микроразмножения с целью получения фенотипов с высоким адаптивным потенциалом к изменениям температуры, влажности, механическим повреждениям при пересадке регенерантов из условий *in vitro* в условия *ex vitro*, но и в исследованиях устойчивости растений земляники к грибным, бактериальным и животным патогенам, вызывающим значительные потери урожая в условиях открытого грунта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Новосибирской области в рамках проекта № 19–44–540004. При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hazarika B. N. Morpho-physiological disorders in *in vitro* culture of plants // Scientia Horticulturae, 2006. — № 108. — P. 105–120.

2. De Klerk G. J. Stress in plants cultured *in vitro* // Propagation Ornamental Plants, 2007. — Vol. 7. — P. 129–137.

3. Shapolova E. G., Lomovsky O. I. Mechanochemical solubilization of silicon dioxide with polyphenol compounds of plant origin // Russian Journal of Bioorganic Chemistry, 2012. — Vol. 39. — № 7. — P. 800–805.

4. Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants / M. Sahebi [et al.] // BioMed Research International, 2015. Article ID 396010. URL: http://dx.doi.org/10.1155/2015/396010.

5. Effect of a biogenic silica and green-teaflavonoids-based mechanocomposite on *Fragaria* × *ananassa* Duch. leaf anatomy in *in vitro* conditions / E. Ambros [et al.] // BIO Web of Conferences, 2018. — Vol. 11. URL: https://doi.org/10.1051/bioconf/20181100001.

6. Амброс Е. В. и др. Адаптивный ответ регенерантов *Fragaria ananassa* Duch. под действием механокомпозита на основе аморфного диоксида кремния и флавоноидов зеленого чая в условиях *in vitro* // Теоретическая и прикладная экология, 2019. — № 4. — С. 116–122.

7. Gamborg O. L., Eveleigh D. E. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of wheat and barley // Canadian Journal of Biochemistry, 1968. — Vol. 46. — № 5. — P. 417–421.

8. Dong Z., He H. Phyllode anatomy and histochemistry of four *Acacia species* (Leguminosae: Mimosoideae) in the Great Sandy Desert, northwestern Australia // Journal of Arid Environments, 2017. — Vol. 139. — P. 110–120.

УДК 615.322 (571.150)

СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ДИКОРАСТУЩИХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

И. В. Бобина, Г. Г. Соколова, В. С. Дрозд

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Определено содержание флавоноидов в надземной части *Leonurus quinquelobatus* G. и *Origanum vulgare* L., произрастающих на территории Алтайского края, в фазы цветения и плодоношения. Выявлены закономерности динамики содержания флавоноидов в *Leonurus quinquelobatus* и *Origanum vulgare* в зависимости от фазы вегетации и места произрастания. Максимальное содержание флавоноидов отмечается в фазе цветения. Высокое содержание флавоноидов характерно для *Leonurus quinquelobatus*, произрастающего в Заринском и Ельцовском районах; для Origanum vulgare — в Ельцовском, Бийском и Алтайском районах Алтайского края.

Ключевые слова: душица, пустырник, флавоноиды, рутин, лютеолин, спектрофотометрия

Флавоноиды являются группой природных фенольных соединений, обладающих высокой биологической активностью [3]. Спектр фармакологических свойств флавоноидов достаточно широк: противоопухолевое, противовоспалительное, желчегонное, иммуномодулирующее действие и т. д., что обусловлено их природным происхождением, многообразием их химических структур и физико-химических свойств [1].

В последнее время в медицинской практике все более популярными становятся лекарственные препараты растительного происхождения, поскольку они менее токсичны и практически не вызывают побочных эффектов [1, 4]. Поэтому поиск флавоноидсодержащих растений является весьма актуальной задачей ресурсоведения.

Дикорастущие растения, произрастая в природных условиях, по содержанию биологически активных веществ не уступают, а чаще даже превосходят культурные растения [5].

В связи с этим целью нашей работы был анализ содержания флавоноидов в дикорастущих травянистых растениях (пустырнике пятилопастном и душице обыкновенной) в зависимости от фаз вегетации и места произрастания.

Растительное сырье пустырника и душицы было собрано в восточных районах Алтайского края: Заринском, Бийском, Алтайском и Ельцовском. Заготовка сырья осуществлялась в фазы цветения и плодоношения. Содержание суммы флавоноидов определялось в надземной части.

Определение количественного содержания суммы флавоноидов в перерасчете на рутин (для пустырника пятилопастного) и лютеолин (для душицы обыкновенной) выполнялось по стандартным фармакопейным методикам [2] на спектрофотометре Shimadzu UV-1800. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием Microsoft Excel.

Количественное содержание флавоноидов в траве *Leonurus quinquelobatus* в фазу цветения в среднем составляет 2,64%. Высокие значения суммы флавоноидов наблюдались в растениях, собранных в Заринском (3,4%) и Ельцовском (3,14%) районах, в Заринском и Алтайском районах — 1,91% и 1,98% соответственно.

В фазу плодоношения содержание флавоноидов заметно снижается и составляет в среднем 1,53%. Межпопуляционные различия содержания суммы флавоноидов варьировали в пределах от 0,99% (Бийский район) до 1,94% (Алтайский район).

В надземной части *Origanum vulgare* в период цветения количество флавоноидов в среднем составило 2,58%. Высокое содержание флавоноидов характерно для образцов растений, собранных в Ельцовском (3,32%), Бийском (2,77%) и Алтайском (2,28%) районах.

В фазе плодоношения среднее содержание флавоноидов составило 1,96%. При этом содержание суммы флавоноидов в перерасчете на лютеолин варьировало в пределах от 1,44% (Заринский район) до 2,45% (Ельцовский район).

Динамика накопления флавоноидов в надземной части пустырника пятилопастного и душицы обыкновенной характеризуется на протяжении вегетационного периода тенденцией увеличения в фазу цветения растений и довольно резким снижением при наступлении фазы плодоношения растений — на 42% и 24% соответственно. В Алтайском районе в течение всего периода вегетации содержание флавоноидов в душице и пустырнике варьировало незначительно.

Таким образом, исследования показали, что содержание флавоноидов в надземных частях пустырника и душицы варьирует в зависимости от фазы вегетации. Максимальное содержание флавоноидов отмечается в фазу цветения растений (пустырник пятилопастный — 2,64%, душица обыкновенная — 2,58%).

Содержание флавоноидов в исследованных растениях в период цветения зависит от места произрастания. Высокое содержание флавоноидов отмечается в пустырнике, произрастающем в Заринском (3,4%) и Ельцовском (3,14%) районах; в душице — в Ельцовском (3,32%), Бийском (2,77%) и Алтайском (2,28%) районах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высочина Г. И., Кукушкина Т. А., Карнаухова Н. А., Силютина И. Ю. Флавоноиды дикорастущих и интродуцированных растений некоторых видов *Hedysarum L.* // Химия в интересах устойчивого развития, 2011. — № 19. — С. 365–371.

2. Государственная фармакопея Российской Федерации, 2015. — М. — Т. 4. — 1040 с.

3. Куркина А. В. Флавоноиды фармакопейных растений. — Самара : ООО Офорт, 2012. — 290 с.

4. Полухина Т. С., Бурилова В. А., Шайхаттарова Г. К. Идентификация и количественное определение флавоноидов в траве душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) // World science: problems and innovations. — Пенза, 2017. — С. 263–265.

5. Сапарклычева С. Е. Дикорастущие полезные растения, распространенные во флоре Среднего Урала // Вестник биотехнологии, 2020. — № 3 (24). — С. 7.

6. Taylor L. P, Grotewold E. Flavonoids as developmental regulators // Current opinion in plant biology, 2005. — Vol. 8. — № 3. — P. 317–323.

УДК 582.951.4:631.527

УСТОЙЧИВОСТЬ К NACL–ЗАСОЛЕНИЮ ДЕТЕРМИНАНТНЫХ СОРТОВ ТОМАТА В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

И.Д. Бородулина, Е.Д. Корнейчук

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Проведен сравнительный анализ реакции детерминантных раннеспелых сортов томата на засоление среды в условиях *in vitro*. Установлена сортоспецифичность при адаптации к условиям NaCl-засоления: наибольшая чувствительность к засолению отмечена у сорта Колобок.

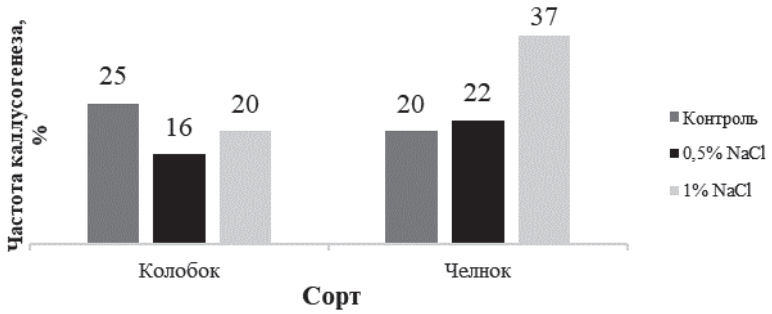
Ключевые слова: томат, детерминантные сорта, каллусогенез *in vitro*, NaCl-засоление

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов, оказывающих влияние на их рост и развитие. Современный подход к управлению продуктивностью возделываемых растений обусловлен комплексом мероприятий, учитывающих особенности фотосинтеза, морфогенеза, устойчивости и др. Устойчивость к действию неблагоприятных факторов является залогом повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из значимых стрессоров выступает засоление почв, так как большинство сельскохозяйственных культур остаются чувствительными к данному фактору [1–3]. В связи с этим селективный отбор устойчивых форм растений в условиях *in vitro* является перспективной альтернативой традиционным методам.

Томат был в числе первых видов, с которым проводились работы по повышению его солеустойчивости. Установлено, что многие сорта томата являются чувствительными к засолению, а дикие виды — солеустойчивы [4]. Поэтому исследования по изучению устойчивости томата к данному стрессору в настоящее время являются актуальными, а биотехнологические подходы намного ускоряют данный процесс.

Исследования проведены в АлтГУ в 2019–2020 гг. В качестве объектов была использована стерильная культура томата двух детерминантных раннеспелых сортов F1 Колобок и Челнок. Экспланты (части гипо- и эпикотилей, а также семядольных листьев) помещали на питательную среду по прописи Мурасиге-Скуга трех вариантов: МС + 0,5 мг/л ИМК + 2,5 мг/л БАП (контроль); МС + 0,5 мг/л ИМК + 2,5 мг/л БАП + 0,5% NaCl и МС + 0,5 мг/л ИМК + 2,5 мг/л БАП + 1,0% NaCl. Культивирование эксплантов проводили в темноте при 24±1 °С в течение 30 суток. Индукцию каллусогенеза оценивали по числу жизнеспособных регенерировавших эксплантов.

Образование каллусной ткани у эксплантов сортов томата проходило неравномерно. Наибольшая частота каллусогенеза (79%) наблюдалась у сорта Челнок, что на 18% превышало таковое у сорта Колобок, при том что у последнего в контроле на 5% было больше отмечено эксплантов с каллусом (рис.).



Регенерационная способность сортов томата в зависимости от концентрации NaCl в питательной среде

На селективных средах была выявлена сортоспецифичность. Так, действие натриево-хлоридного засоления ингибировало каллусогенез у сорта Колобок и, наоборот, стимулировало у сорта Чел-

нок. При этом у сортов наблюдалась прямая зависимость регенерации каллусной ткани от концентрации в среде NaCl, а в варианте с 1% осмотика у сорта Челнок частота каллусогенеза превысила контроль почти в 2 раза.

Морфология полученного нами каллуса была следующей: окраска — светло-желтая либо темно-желтая, структура — плотная. Максимальное количество светло-желтых плотных каллусов наблюдалось у сорта Челнок, у сорта Колобок — в 2,5 раза меньше. Этот сорт имел преимущественно темно-желтые каллусы.

Таким образом, в ходе проведенных экспериментов была установлена более высокая устойчивость к натриево-хлоридному засолению сорта томата F1 Челнок по сравнению с сортом Колобок: частота каллусогенеза составила соответственно 39,5 и 20,3%; количество морфогенного каллуса — 85 и 33%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алиева З. М. Культура *in vitro* как метод оценки устойчивости культурных растений к засолению // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. ст. Междунар. научн.-практич. конф. / под ред. А. А. Ильичева. — Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2015. — С. 315–319.

2. Ковтун И. С., Каут А. А., Мухаматдинова Е. А., Медведева Ю. В., Ефимова М. В. Сравнение устойчивости проростков среднеспелых сортов картофеля к хлоридному засолению в культуре *in vitro* // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология : тезисы докладов XI Междунар. конф. «Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология» (Минск, 23–27 сентября 2018 г.). — Минск : Медисонт, 2018. — С. 98–99.

3. Черкасова Н. Н., Жужжалова Т. П. Создание в условиях *in vitro* форм сахарной свеклы с устойчивостью к засолению // Вестник Воронежского гос. аграрного ун-та, 2013. — № 2 (37). — С. 117–120.

4. Wang Z., Hong Y., Zhu G., Li Y., Niu Q., Yao J., Hua K., Bai J., Zhu Y., Shi H., Huang S., Zhu J. Loss of salt tolerance during tomato domestication conferred by variation in a Na^+/K^+transporter // The EMBO Journal, 2020. — Vol. 39. — P. 1–14.

УДК 582.711.16

ОЦЕНКА ЭНЕРГИИ ПРОРАСТАНИЯ И ЛАБОРАТОРНОЙ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ

О. В. Бычкова, Л. П. Хлебова, Е. С. Бровко, В. А. Щербинко

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Представлены результаты проведения первичного скрининга семян дикоросов по способности прорастать в лабораторных условиях *in vivo* и *in vitro*. Установлена высокая популяционная изменчивость качества семян родиолы розовой в зависимости от района местообитания материнских растений. Рассмотрены приемы повышения лабораторной всхожести семян.

Ключевые слова: родиола розовая (*Rhodiola rosea L.*), стерилизация, энергия прорастания, лабораторная всхожесть

Организация производственных плантаций одно из решений для сохранения генетического разнообразия природных популяций родиолы розовой и обеспечения фармацевтической промышленности этим видом растительного сырья [5]. Этот вид хорошо размножается вегетативным способом путем партикуляций. Однако организация плантаций является весьма трудоемкой и времязатратной. Основная проблема, с которой сталкиваются при выращивании растений

из семян, — их низкая всхожесть и массовая гибель проростков в открытом грунте. Это, в свою очередь, требует использования оранжерей или теплиц для достижения растениями имматурного возрастного состояния. Минимум два года требуется растениям, после чего их можно высадить в открытый грунт на производственную плантацию. Весьма перспективным путем массового получения посадочного материала является использование метода микроклонального размножения растений [7].

Одним из распространенных способов отбора эксплантов для культивирования растений *in vitro* является получение стерильных проростков с последующей изоляцией их органов либо отдельных сегментов. При использовании для этих целей семян дикорастущих растений большое значение имеет уровень их всхожести. В наших исследованиях данный показатель имеет особое значение, поскольку родиола розовая относится к чрезвычайно полиморфным видам. Известно, что у нее в зависимости от условий произрастания значительно варьируют различные морфологические, физиологические и биохимические признаки вегетативных и генеративных побегов, корней, корневищ [3, 9, 12]. При исследовании морфо-биологических особенностей семян выявлена существенная изменчивость по их морфологии и содержанию запасных веществ [8].

С целью проведения первичного скрининга семян дикоросов по способности прорастать в лабораторных условиях *in vivo* и *in vitro* сотрудниками Алтайского государственного университета во время экспедиции в конце вегетации были отобраны образцы трех природных популяций, произрастающих в их естественной среде обитания на высокогорье Центрального Алтая в районе Семинского перевала (гора Сарлык на Семинском хребте Алтая) на высоте 1800–2000 м над уровнем моря.

Нами выполнен эксперимент по оценке уровня энергии прорастания и лабораторной всхожести семян *Rh. rosea* из трех различных популяций:

— популяция № 1: произрастает на каменистых и щебнистых склонах;
— популяция № 2: произрастает на берегах непересыхающих ручьев;
— популяция № 3: произрастает на днищах и берегах пересыхающих ручьев.

Семена проращивали в климатической камере Memmert ICH 750 (Германия) в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге при температуре 22±2 °С и 16-часовом фотопериоде в течение 15 суток. Опыт выполнен в трех повторениях, по 30 семян на одну повторность. Достоверность различий изученных параметров оценивали с помощью критерия НСР с 5%-ным уровнем значимости. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Энергия прорастания и всхожесть семян родиолы розовой в лабораторных условиях

№ популяции	Энергия прорастания, % (3-й день)	Всхожесть, %		
		5-й день	10-й день	15-й день
1	0	0	5,7±0,8	12,1±3,3
2	0	6,4±2,8	12,9±4,1	19,6±5,0
3	3,2±0,2	18,6±1,9	23,4±3,8	35,4±4,6
НСР*0,05*	3,1	5,4	6,3	5,2

Семена *Rh. rosea* характеризуются наличием плотных семенных покровов, затрудняющих доступ кислорода и воды к заключенному внутри зародышу, что, вероятно, определяет их чрезвычайно низкую энергию прорастания и всхожесть в лабораторных условиях. Наиболее высокими показателями характеризовалась популяция № 3, 35,4% семян которой всходили на 15-е сутки. Материал, отобранный с более увлажненных мест произрастания, где корневая система растений находится в зоне постоянного затопления, показал более низкую всхожесть, уровень ее составил лишь 6,4% на 5-е сутки, доходя до 19,6% на 15-й день исследования. Семена популяции № 1, произрастающей в условиях ограниченного увлажнения, начали всходить на 10-й день и к 15 дню взошли 12,1%.

С учетом низких лабораторных показателей семенного материала родиолы розовой выполнен эксперимент по подбору условий и приемов, способствующих повышению рассматриваемых признаков. Изучено 6 вариантов предпосевной обработки семян. Стратификацию проводили в течение месяца при температуре +2 °С в холодильнике на влажном ложе в чашках Петри. Процесс скарифи-

кации заключался в обработке семенной кожуры наждачной бумагой. Всхожесть определяли на 10-е сутки. Повторность 3-кратная, объем материала — 30 семян на повторение. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние различных способов предпосевной обработки семян на всхожесть родиолы розовой,%

Условия обработки семян	№ популяции		
	1	2	3
Контроль	5,7±0,8	12,9±4,1	23,4±3,8
Замачивание (24 ч.) в 0,05%-ном р-ре ИУК	50,9±6,1	68,8±7,9	72,7±7,4
Стратификация (30 дней)	32,3±5,4	32,9±4,7	61,2±5,6
Стратификация (30 дней) → замачивание в 0,1%-ном р-ре $KMn0_4$ (5 ч.)	58,9±4,3	72,0±9,2	71,1±9,1
Стратификация (30 дней) → замачивание в 0,1%-ном р-ре H_2O_2 (24 ч.)	63,1±5,9	89,4±9,1	95,1±8,3
Стратификация (30 дней) + скарификация	32,9±3,9	33,9±6,0	69,4±4,8
Скарификация + Стратификация (30 дней)	28,4±3,6	42,1±5,7	55,1±7,3
$НСР_{0,05}$	8,6	9,9	12,5

Следует отметить, что практически все рассматриваемые приемы обеспечили более высокий уровень всхожести семян родиолы розовой. Однако их эффективность существенно различалась в зависимости от принадлежности материнских растений к определенной популяции. Максимальные значения получены для образцов популяции № 3, где всхожесть достигала 95,1%.

Наиболее эффективными способами подготовки семян, существенно повышающими признак, оказались варианты, включающие выдерживание в течение 30 суток при низких положительных температурах с последующей обработкой 0,1%-ным раствором пероксида водорода либо перманганата калия. Хороший результат также обусловила стимуляция процессов прорастания регулятором роста ауксиновой природы (0,05% ИУК). Стратификация и ее комбинация со скарификацией оказали благоприятное воздействие преимущественно на популяцию № 3.

Похожие результаты представлены в работе Савченко (2018). Для повышения всхожести и энергии прорастания семян трех видов родиолы автор использовала стратификацию и предварительную обработку растворами стимуляторов роста эпин-экстра, циркон и рибав-экстра. Указано, что семена *R. Kirilowii* нуждаются в более длительном периоде стратификации по сравнению с *R. iremelica* и *R. rosea*. Применение различных стимуляторов роста позволило повысить всхожесть семян до 86,8% и 90% соответственно у растений *R. iremelica* и *R. Rosea* и на 23,2% семян *R. Kirilowii*.

Эрст с коллегами (2018) представили результаты размножения *in vitro Rh. rosea* из популяции Горного Алтая. Для введения в культуру использовали семена без дополнительной предпосевной обработки. Далее стерильные проростки культивировали на питательной среде MS, дополненной 5 μM 6-бензиламинопурина (БАП) и 2,5 μM α-нафтилуксусной кислоты (НУК). Данный способ позволил получить более 6 регенерантов на эксплант.

Наименее успешным оказался вариант предварительной скарификации с последующей стратификацией. В целом качество семян, сформированных на растениях, произрастающих на днищах и берегах пересыхающих ручьев, было более высоким по сравнению с остальными изученными популяциями [1].

Подтверждение внутривидовой изменчивости золотого корня и необходимость оптимизации питательных сред для культивирования конкретных популяций вида были представлены предыдущим автором с коллегами в 2019 [2]. В работе приведена сравнительная характеристика 5 популяций (Coniferous and deciduous forests, Forest tundra, Middle taiga/mountain forest belt) родиолы розовой Дальнего Востока и одной Горного Алтая (Subalpine belt). Экотип из Сахалинской области (о. Сахалин) характеризовался самой высокой средней высотой побега и скоростью размножения. Для по-

пуляции из лесотундры Forest tundra (Камчатский край, Пенжинский район) отмечено образование неморфогенного каллуса на среде, дополненной 1 мг/л БАП и 0,5 мг/л НУА.

Подробно изучена индивидуальная изменчивость растений *Rh. rosea* для отбора ценных генотипов для микроклонального размножения, собранных из мест естественного произрастания на Приполярном и Полярном Урале [10].

Наиболее полно представлены результаты по изучению болгарского экотипа *Rh. Rosea*. Учеными из Болгарии приведена полная система получения каллусных культур, индукции и размножения побегов, микроразмножения и реинтродукции регенерантов в естественную среду обитания. Изучены взаимодействия между многочисленными типами эксплантов, добавками среды и условиями культивирования [4–6].

Таким образом, установлена высокая популяционная изменчивость качества семян родиолы розовой в зависимости от района местообитания материнских растений, что следует учитывать при отборе материала для последующих исследований, связанных с их введением в культуру *in vitro,* для получения стерильных проростков. Наиболее всхожие семена формировались на растениях, обитающих в увлажненных местах с периодическим пересыханием. Приемы, включающие обработку ауксином (0,05% НУК) либо стратификацию и последующее замачивание в 0,1%-х р-рах H_2O_2 и $KMnO_4$, обеспечивают существенное повышение лабораторной всхожести семян.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Erst A. A., Erst A. S., Shmakov A. I. *In vitro* propagation of rare species *Rhodiola rosea* from Altai Mountains // Turczaninowia, 2018. — Vol. 21. — № 4. — P. 78–86.

2. Erst A. A., Yakubov V. V. Regenerative *in vitro* capacity of rare species *Rhodiola rosea* L. from various habitats // Contemporary Problems of Ecology, 2019. — Vol. 12. — № 4. — P. 368–376. DOI: 10.1134/S1995425519040036.

3. Kołodziej B., Sugier D. Influence of plants age on the chemical composition of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) // Acta Sci. Pol., 2013. — № 12 (3). — P. 147–160.

4. Tasheva K., Kosturkova G. Bulgarian golden root *in vitro* cultures for micropropagation and reintroduction // Central European Journal of Biology, 2010. — Vol. 5. — № 6. — P. 853–863. DOI:10.2478/s11535–010–0092–3.

5. Tasheva K., Kosturkova G. *Rhodiola rosea* L. *in vitro* plants morphophysiological and cytological characteristics // Romanian Biotechnological Letters, 2011. — Vol. 16 (6). — P. 79–85.

6. Tasheva K., Zagorska N., Dimitrov B., Evstatieva L. *In vitro cultivation of Rhodiola rosea L. // Proceedings of the International Scientific Conference "75 years Institute of Forestry",* 2003. — P. 161–165.

7. WHO, 2010, http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs-134/en/.

8. Ким Е. Ф. Родиола розовая (золотой корень) сем. Толстянковых и биологические основы введения ее в культуру : автореф. дис. … д-ра биол. наук. Новосибирск, 1999. 32 с.

9. Куркин В. А. Родиола розовая (золотой корень): стандартизация и создание лекарственных препаратов : монография. Самара : ООО «Офорт»; ГБОУ ВПО СамГМУ, 2015. 240 с.

10. Полетаева И. И., Володина С. О., Володин В. В. Изучение индивидуальной изменчивости растений *Rhodiola rosea* L. в целях отбора ценных генотипов для микроклонального размножения // Известия Самарского НЦ РАН, 2013. — Т. 15. — № 3 (2). — С. 769–775.

11. Савченко О. М. Влияние стратификации и регуляторов роста на энергию прорастания и всхожесть семян трех видов рода (*Rhodiola* L.) : сб. научных трудов ГНБС, 2018. — Т. 146. — С. 112–116.

12. Саратиков А. С., Краснов Е. А. Родиола розовая (золотой корень); 4-е изд., перераб. и доп. Томск : Изд-во Томского ун-та, 2004. — 292 с.

УДК 582.734.4 (571.1)

ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОФОРТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. В. Ершова

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Представлены результаты исследований содержания биологически активных фенольных соединений в ягодах земляники садовой, произрастающей в условиях юга Западной Сибири, с целью установления потенциала культуры для получения биофортифицированной продукции. Установлены сортовые различия и диапазоны изменчивости соответствующих показателей. Выделены перспективные генотипы, представляющие интерес по данному признаку, с максимальным сохранением исходного уровня биофлавоноидов после хранения ягод в замороженном виде.

Ключевые слова: земляника садовая, сорт, гибрид, плоды свежие, плоды замороженные, химический состав, биофлавоноиды

Введение. Земляника садовая *Fragaria* × *ananassa* Duch. является одной из самых распространенных и популярных ягодных культур как в нашей стране, так и за рубежом. По данным FAO, ее среднегодовое производство в мире составляет около 2,5 млн т [11]. Ягоды земляники отличаются высокими вкусовыми качествами, имеют нежную консистенцию мякоти и неповторимый приятный аромат, гармоничное сочетание сахаров и кислот, что делает их десертным продуктом. Они ценны и как источник целого комплекса биологически активных соединений (БАВ) антиоксидантного ряда, прежде всего — витамина С и биофлавоноидов, фолиевой, эллаговой кислот, пектиновых веществ, микроэлементов и других БАВ [1–3, 5, 7–10]. Это обусловливает их популярность у населения для потребления в свежем виде, а высокие технологические свойства позволяют широко использовать в качестве сырья для переработки.

При этом требования современного рынка не ограничиваются привлекательным внешним видом ягод, их вкусовыми достоинствами. В последние годы особое внимание уделяется качеству продукции, ее пищевой и биологической ценности. В этом плане одним из самых актуальных направлений в сельскохозяйственной науке становится биофортификация — новое направление в селекции, занимающееся созданием специализированных сортов пищевых культур, обогащенных необходимыми питательными веществами, витаминами и минералами. Такое биообогащение отличается от традиционного обогащения продуктов в процессе их переработки тем, что высокий уровень содержания определенных ценных веществ в сельскохозяйственных культурах обеспечивается в процессе их селекции, возделывания. В связи с этим крайне важным является выявление природного потенциала накопления БАВ, уровень которого зависит, как известно, от генотипа, климатических условий региона и агротехнических приемов возделывания культуры.

Многочисленными исследованиями на сегодняшний день установлено важное лечебно-профилактическое значение ягод земляники для здоровья человека. Оно обусловлено в первую очередь уникальным составом БАВ и в их числе — биофлавоноидов, мощных природных антиоксидантов. С их наличием связаны антиканцерогенные, капилляроукрепляющие, бактерицидные, нейропротекторные и другие ценные свойства ягод. В связи с этим одним из актуальных направлений в селекции земляники является получение форм с высоким содержанием биологически активных фенольных соединений (ФС).

В отделе НИИ садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко ФГБНУ ФАНЦА (НИИСС) ведется активная селекционная работа по землянике садовой. Она базируется на целенаправленной гибридизации сортов различного эколого-географического происхождения в сочетании с отбором. Кроме того ведется изучение свойств интродуцированных сортов. Сорта и гибридные формы земляники коллекции НИИСС характеризуются качественным биохимическим составом [5], высоким уровнем рен-

табельности [6]. Однако короткий срок плодоношения, пониженная транспортабельность и кратковременный срок хранения ягод культуры являются существенным препятствием для использования всего урожая в свежем виде. Альтернативным решением задачи обеспечения потребителей высококачественной продукцией садоводства может служить замороженная и консервированная продукция. Поскольку в процессе переработки происходит ухудшение товарных и пищевых качеств, к сырью предъявляются высокие требования по содержанию БАВ. Последние, как известно, лучше всего сохраняются при низкотемпературном замораживании по сравнению с традиционными способами консервирования с помощью тепловой обработки. Известно, что в формировании вкуса и цвета плодов большую роль играют ФС, влияя на эти показатели и в процессе хранения и переработки, обусловливая сроки хранения продукции, ее пищевую ценность и привлекательность для потребителя. Поэтому актуальной задачей в данном случае является подбор сортов земляники, пригодных для замораживания, с высоким уровнем биофлавоноидов в ягодах, сохраняющих его в замороженных продуктах.

Целью данной работы было выявление особенностей накопления биофлавоноидов в ягодах земляники, выращенной в условиях умеренно засушливой колочной степи Алтайского края, выделение перспективных форм с высокими соответствующими показателями, максимальным сохранением исходного уровня БАВ после хранения ягод в замороженном виде для получения биофортифицированной продукции.

Материалы и методы. Биохимические исследования осуществлялись на базе лаборатории индустриальных технологий и экспериментально-производственных подразделений отдела НИИСС ФГБНУ ФАНЦА. Объектом исследований служили свежие и замороженные плоды интродуцированных сортов, гибридов и сортов земляники селекции НИИСС. Ягоды земляники замораживали и хранили при температуре –18°С в пластиковой таре. Суммарное содержание биофлавоноидов и отдельных фракций (антоцианов, флаванов, флавонолов) определяли спектрофотометрическими и колориметрическими методами в этанольных экстрактах плодов [4]. Полученные результаты обрабатывали посредством методов математической статистики в программе MS Excel.

Полученные результаты и их обсуждение. Ягоды земляники считаются богатым источником БАВ, природных антиоксидантов, основная часть которых приходится на фенольные соединения. Наиболее обширной и реакционноспособной группой ФС плодов культуры являются флавоноиды, представленные в большей степени мономерными формами — катехинами, процианидинами, антоцианами, флавонолами [1–3, 7–10].

В ходе исследования содержания биофлавоноидов в ягодах земляники была отмечена значительная вариация показателя, обусловленная сортовыми особенностями (см. табл.). Средний по изученным сортообразцам уровень аккумулирования ФС составил 438,7 мг/100 г с диапазоном изменчивости признака по годам 280,0–704,9 мг/100 г. Для земляники считается удовлетворительным уровень содержания ФС в пределах 250–350 мг/100 г. 500–600 мг/100 г биофлавоноидов переводит сорт в категорию хороших, 700 мг/100 г и выше — особо ценных. Согласно полученным данным, большая часть изученных сортообразцов в этом отношении характеризуется хорошим потенциалом. Однако наибольшей итоговой степенью проявления признака отличились сорт селекции НИИСС Барабинская и ремонтантная форма Р-Л-08–23. Сорт Барабинская выделился максимальным за три года значением среднего показателя содержания ФС — 560,7 мг/100 г и самым высоким уровнем их накопления — 704,9 мг/100 г. Несколько ниже были соответствующие показатели для формы Р-Л-08–23–500,6 мг/100 г и 562,5 мг/100 г, достоверно превосходящей контрольный сорт Фестивальная ромашка и остальные сортообразцы. При этом сорт Барабинская и форма Р-Л-08–23 характеризовались средней степенью гомеостатичности (15%<V<20%). Установленные факты относят их в разряд особо ценных и перспективных. Уместно отметить, что ремонтантная форма дает возможность существенно продлить употребление в пищу свежей ягоды улучшенного качества.

Повышенным уровнем содержания биофлавоноидов (выше среднего) в условиях Алтайского края отличился интродуцированный сорт Рубиновый кулон. Количество ФС в его плодах может достигать 662,2 мг/100 г, составляя в среднем 479,3 мг/100 г. Однако сорт крайне нестабилен в проявлении признака (V — 36,6%). Тенденция к повышенному накоплению ФС была отмечена и у сорта селекции НИИСС Анастасия. Максимальный за годы изучения показатель для него составил 528,9 мг/100 г,

средний — 470,8 мг/100 г. При этом в меняющихся условиях среды он демонстрировал наибольшую стабильность среди уже упомянутых сортов (V — 10,8%). Наряду с обсуждаемыми заслуживают внимания польский сорт Кама, крымский сорт Крымская ремонтантная и сорт селекции НИИСС Забелинская. В среднем количество ФС в их ягодах было близко к контрольному и несколько ниже среднего уровня по сортам, однако их потенциальные возможности лежат в пределах 450–500 мг/100 г. Немаловажно, что сорт Забелинская отличился высокой степенью гомеостатичности признака.

Содержание биофлавоноидов в ягодах земляники (среднее за 2017–2019 гг.), мг/100 г

Сортообразец	Сумма	Катехины	Антоцианы	Процианидины	Флавонолы
Фестивальная ромашка	420,7	18,9	94,2	252,4	16,0
Анастасия	470,8	27,6	81,9	318,5	18,7
Барабинская	560,7	36,9	107,5	338,5	13,5
Забелинская	429,4	13,3	138,3	213,9	32,1
Кама	423,5	23,2	138,2	156,1	17,6
Крымская ремонтантная	411,0	31,9	95,3	155,7	29,3
Рубиновый кулон	479,3	27,3	103,5	274,7	7,4
Солнечная полянка	326,2	22,0	151,9	105,8	17,3
Р-Л-08–23	500,6	31,6	152,8	240,3	15,9
Р-Л-09–11	336,5	16,6	88,1	203,1	13,6
Среднее	438,7	24,9	115,2	225,9	18,1
$НСР_{05}$	51,5	7,0	25,7	49,5	7,0

Проведенные исследования позволяют заключить, что большая часть комплекса ФС ягод земляники принадлежит лейкоформам антоциановых пигментов — процианидинам (58,8%), в значительной степени представлены антоцианы (30,0%), в меньшей — катехины (6,5%) и флавонолы (4,7%) (см. табл.). Общеизвестно, что восстановленные формы ФС — катехины и процианидины — проявляют наиболее выраженную Р-витаминную активность (капилляроукрепляющее и противовоспалительное действие), тогда как окисленным соединениям — флавонолам — свойственны преимущественно противоатеросклеротическое, гипохолестеринемическое и спазмолитическое действия. Большинство антоцианидинов обладают высокой антиоксидантной активностью.

Средний по сортообразцам уровень накопления катехинов составил 24,9 мг/100 г с диапазоном варьирования показателя от 12,3 до 78,8 мг/100 г. Количество антоцианов изменялось в пределах 66,0–201,5 мг/100 г при среднем значении признака 115,2 мг/100 г, процианидинов — от 101,4 до 418,0 мг/100 г при среднем содержании 225,9 мг/100 г, флавонолов — от 4,6 до 41,3 мг/100 г, составляя в среднем 18,1 мг/100 г. Наиболее богаты катехинами (более 30 мг/100 г) ягоды сортов Барабинская, Крымская ремонтантная, формы Р-Л-08–23. Группу сортов с повышенным содержанием в плодах процианидинов составили сорта Барабинская, Анастасия, Рубиновый кулон, гибридная форма Р-Л-08–23, флавонолов — Забелинская, Крымская ремонтантная.

Важнейшим показателем в комплексе ФС ягод земляники является содержание антоцианов, с которыми во многом связаны их противовоспалительные, антимикробные, гепатопротекторные и антиоксидантные свойства, пригодность сортов к замораживанию и технологической переработке, товарный вид. Они также обусловливают широкий диапазон окраски многих плодов и ягод и могут использоваться в качестве источников натуральных пищевых красителей. В соответствии с требованиями селекционной программы по культуре содержание антоцианов в ягодах должно составлять не менее 50 мг/100 г. Сорта со светлоокрашенными ягодами и, соответственно, низким уровнем антоцианов считаются малоценными. Судя по полученным данным, все изученные сортообразцы отличаются высоким уровнем содержания антоцианов, обеспечивая тем самым необходимую для человека суточную норму их потребления (50 мг/100 г) при использовании всего лишь 100 г ягод. Наибольшее их количество было установлено в ягодах ремонтантной формы Р-Л-08–23 (152,8 мг/100 г — среднее за три года — здесь и далее), сортов Солнечная полянка (151,9 мг/100 г), Забелинская (138,3 мг/100 г),

Кама (138,2 мг/100 г), Барабинская (107,5 мг/100 г), Рубиновый кулон (103,5 мг/100 г). Таким образом, очевидной является ценность этих сортообразцов.

Качественный в отношении содержания ФС состав ягод земляники изученных сортообразцов определяет их пригодность к замораживанию. Для изучения проблемы сохранности данной группы БАВ в ягодах после хранения в замороженном виде и дефростации проводился соответствующий анализ через 5 месяцев хранения ягод в замороженном виде. Полученные результаты свидетельствовали о снижении уровня содержания биофлавоноидов в процессе хранения. Степень снижения зависела от сортовых особенностей и составила в среднем 11,4–36,3% от первоначального количества. Так, для сорта Рубиновый кулон эти потери были наибольшими — 36,3%, с 479,3 мг/100 г до 305,4 мг/100 г. На 30,5% снизилось содержание ФС в ягодах сорта Кама, с 423,5 мг/100 г до 294,3 мг/100 г. В пределах 20% наблюдалось уменьшение количества биофлавоноидов в ягодах сортов Анастасия, Барабинская, Крымская ремонтантная. Минимальными были потери ФС у ремонтантной формы Р-Л-09–11 (11,4%), сорта Забелинская (12,5%). Отмечен тот факт, что в большинстве своем значительными потерями отличались сорта и формы, ягоды которых наиболее богаты биофлавоноидами. Часть из образцов при этом может сохранять в целом их высокий уровень (Барабинская, Р-Л-08–23, Анастасия, Забелинская).

Потери антоцианов в ягодах земляники в зависимости от сорта составили 9,0–38,5%. Сохранение фракции в большей степени и ее высокий уровень после дефростации установлены у сорта Крымская ремонтантная (потеря — 9%), о чем свидетельствовала и окраска ягод после размораживания. У остальных потери составили больший процент, но при этом значительное количество сохранилось в ягодах сортов Забелинская, Солнечная полянка, Кама. В соответствии с результатами исследований сорта Забелинская, Анастасия, Крымская ремонтантная, Барабинская и ремонтантная форма Р-Л-08–23 были признаны наиболее подходящими для хранения в замороженном виде.

Заключение. Результаты исследований содержания биофлавоноидов в ягодах земляники садовой, выращенной в условиях юга Западной Сибири, свидетельствуют о большом потенциале ее сортов в отношении синтеза ФС. Суммарное содержание данной группы БАВ в плодах изученных сортов варьирует в диапазоне 280,0–704,9 мг/100 г свежих плодов (438,7 мг/100 г в среднем). Перспективными источниками высокого содержания биофлавоноидов следует признать сорта Барабинская, Рубиновый кулон, Анастасия, ремонтантную форму Р-Л-08–23. Преобладающей фракцией комплекса ФС ягод изученных сортов земляники являются процианидины (58,8%), в значительной степени представлены антоцианы (30%). Повышенным накоплением антоцианов отличаются ремонтантная форма Р-Л-08–23, сорта Солнечная полянка, Забелинская, Кама, Барабинская, Рубиновый кулон. Установлено снижение содержания биофлавоноидов в ягодах земляники после 5 месяцев хранения в замороженном виде. Степень снижения зависит от сортовых особенностей и может составлять 11–36% от первоначального количества. Сорта Забелинская, Анастасия, Крымская ремонтантная, Барабинская, ремонтантную форму Р-Л-08–23 можно признать наиболее подходящими для хранения в замороженном виде.

Установленный уровень содержания биофлавоноидов в ягодах выделенных ценных сортообразцов определяет их высокий антиоксидантный статус, они могут использоваться в селекционных программах, служить основой для получения биофортифицированной продукции, функциональных продуктов питания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимов М. Ю., Лукьянчук И. В., Жбанова Е. В., Лыжин А. С. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) // Химия растительного сырья, 2020. — № 1. — С. 5–18.

2. Макаров В. Н., Влазнева Л. Н., Жбанова Е. В. и др. Биологически активные вещества в ягодных культурах и продуктах их переработки // Хранение и переработка сельхозсырья, 2008. — № 12. — С. 75–78.

3. Причко Т. Г., Германова М. Г. Пищевая и биологическая ценность ягод перспективных сортов земляники, произрастающих на юге России // Плодоводство и ягодоводство России, 2016. — Т. 45. — С. 137–144.

4. Самородова-Бианки Г. Б., Стрельцина С. А. Исследования биологически активных веществ плодов : методические указания. — Л. : ВИР, 1989. — 47 с.

5. Стольникова Н. П., Ершова И. В. Анализ коллекции земляники по биохимическому составу ягод в условиях колочной степи Алтайского края // Плодоводство : науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства». Самохваловичи, 2011. — Т. 23. — С. 307–313.

6. Стольникова Н. П., Колесникова А. В. Результаты изучения сортов земляники в условиях юга Западной Сибири // Плодоводство и ягодоводство России, 2018. — Т. 54. — С. 187–193.

7. Moor U., Karp K., Poldma P., Pae A. Cultural systems affect content of anthocyanins and vitamin C in strawberry fruits // Europ. J. Hort. Sci., 2005. — Vol. 70 (4). — P. 195–201.

8. Phenol-Exsplorer: Database on Polyphenol Content in Food. URL: http://phenol-explorer.eu/classifications/foods.

9. Rekika D., Khanizadeh S., Deschenes M., Levasseur A., Charles M. T., Tsao R., Yang R. Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes // HortScience, 2005. — Vol. 40 (6). — P. 1777–1781.

10. Seeram N. P., Lee R., Scheuller S., Heber D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquidchromatography electrospray ionization mass spectroscopy (LC-ESI–MS) // Food Chemistry, 2006. — Vol. 97. — P. 1–11.

11. FAO. URL: http://fao.org/faostat/ru/#data/QCL (дата обращения: 07.09.2021).

УДК 633.491

ФОРМИРОВАНИЕ IN VITRO МИКРОКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

К. Т. Етдзаева[1], Е. В. Овэс[2]

[1] Общество с ограниченной ответственностью «ФАТ-АГРО», г. Владикавказ, Россия

[2] Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха, г. Люберцы, д. п. Красково, Россия

В статье представлены результаты исследований по применению комбинированных составов питательных сред с содержанием сахарозы 2 и 8% с использованием пробирочной культуры и контейнеров. Наибольший выход микроклубней отмечен при использовании контейнеров. Добавление высокой концентрации углевода на втором этапе развития микрорастений способствовало индуцированию столонов и увеличению выхода микроклубней. Их общее количество составило 1,93–2,15 ед. при выходе стандартной фракции 1,35–1,68 ед. на одно растение. На основании проведенных экспериментов в процессе выращивания микроклубней в контейнерах количественный выход возрос по сравнению с пробирочной культурой в 1,5–1,9 раза у сорта Гулливер, 1,8–2,2 раза у сорта Садон и в 1,7–2,1 раза у сорта Кумач. При этом выход стандартной фракции в результате использования контейнеров возрос в 1,3–1,9 раза по сравнению с пробирочной культурой. Внедрение технологии выращивания микроклубней в лабораторный процесс способствует круглогодичному выращиванию *in vitro* материала и применяется в качестве дополнения к программе клонального микроразмножения.

Ключевые слова: картофель, микроклубни *in vitro*, исходный оздоровленный материал, модификация питательной среды, оригинальное семеноводство

Введение. В биотехнологической практике для индуцирования процесса клубнеобразования в культуре *in vitro* используют элементы технологий, включающие различные сочетания факторов, способствующих в искусственных условиях образовать микроклубни. Формирование микроклубней зависит прежде всего от генотипических особенностей сорта [1, 6, 7, 8]. Присутствие в составе питательной среды повышенного содержания сахарозы вызывает интенсивное столонообразование, однако высокая концентрация сахарозы не является благоприятным фактором для морфогенеза микрорастений [3].

На первых этапах размножения при выращивании миниклубней в качестве посадочного биоматериала используются микрорастения или микроклубни *in vitro*. Преимущество выращивания микроклубней заключается в отсутствии сезонности, возможности длительного хранения, высокой практичности при транспортировке и высадке в защищенный грунт [4, 9, 10]. Тем не менее на практике в большинстве случаев используются микрорастения, реже — микроклубни *in vitro*. Не столь широкая распространенность микроклубней в качестве здорового исходного материала обусловлена технологией и календарными сроками их получения, а также размерными характеристиками, позволяющими отнести их к стандартной фракции.

Актуальными остаются исследования по использованию различных сосудов и питательных сред для увеличения количественного выхода и размерных характеристик микроклубней *in vitro*. Известно, что при содержании 6–8% сахарозы в питательной среде число и масса микроклубней увеличивается по сравнению с применением 3–4%. При концентрации сахарозы ниже 4% и выше 10% нарушается клубнеобразование или формируются мелкие микроклубни [2, 4, 5]. При этом во всех сообщениях описан сходный процесс получения *in vitro* микроклубней, включающий выращивание микрорастений в течение 4–5 недель на питательной среде, содержащей 2–3% сахарозы, индукции клубнеобразования и выращивание микроклубней до стадии созревания в течение 5–8 недель.

В процессе выращивания исходного материала в виде микрорастений или микроклубней *in vitro* включение в состав питательных сред регулирующих рост веществ может привести к определенным отклонениям в последействии. Наиболее применимым инструментом для увеличения количественного выхода микроклубней остается моделирование концентрации сахарозы.

Целью проведенных исследований является изучение элементов технологии выращивания микроклубней, способствующих увеличению выхода стандартной фракции в асептических условиях.

Материалы и методика. Лабораторные опыты проводили в 2014–2020 гг., эксперименты закладывали с использованием 8 сортов картофеля: ранние — Жуковский ранний, Удача, Гулливер, среднеранние — Невский и Волжанин, среднеспелые — Садон, Варяг и Кумач в условиях лабораторного биотехнологического комплекса компании ООО «Фат-Агро» (РСО-Алания). Для выращивания микроклубней использовали пробирки Ø16 и 25 мм и пластиковые сосуды размером 18×18×20 см. Для получения микроклубней в пробирках применяли комбинированные составы агаризованой и жидкой питательной среды Мурасиге-Скуга (MS) с различным содержанием сахарозы. В качестве вариантов опыта использовали:

1. Пробирки Ø16 мм с агаризованным составом MS и 6% сахарозы — контроль (MS 6% сахарозы, Ø16 мм — контроль).

2. Пробирки Ø16 мм с агаризованным составом MS и 2% сахарозы с добавлением при формировании более 4 междоузлий жидкой среды MS с концентрацией сахарозы 8% (MS 2% + 8% сахарозы Ø16 мм).

3. Пробирки Ø25 мм с агаризованным составом MS и 6% сахарозы (MS 6% сахарозы, Ø25 мм).

4. Пробирки Ø25 мм с агаризованным составом MS и 2% сахарозы с добавлением при формировании более 4 междоузлий жидкой среды MS с концентрацией сахарозы 8% (MS 2% + 8% сахарозы Ø25 мм).

5. Пластиковые сосуды с агаризованным составом MS и 6% сахаразы (MS 6% сахарозы, контейнеры).

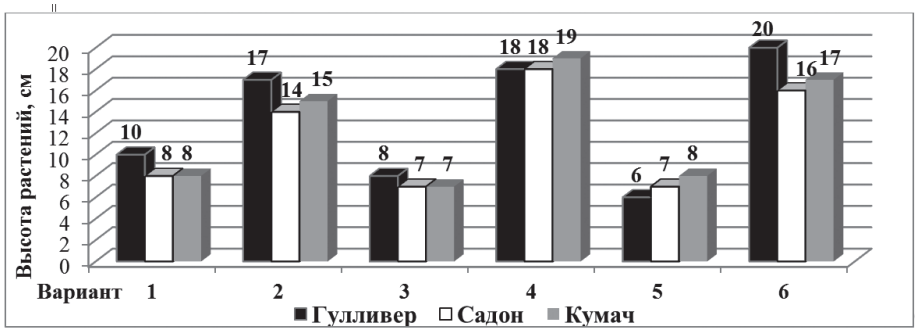
6. Пластиковые сосуды с агаризованным составом MS и 2% сахарозы с добавлением при формировании более 4 междоузлий жидкой среды MS с концентрацией сахарозы 8% (MS 2%+8% сахарозы контейнеры).

Биоматериалом для закладки опыта служили черенки с первого по четвертый от микрорастений из пробирок. Опыт проводили в 4-кратной повторности по 40 микрорастений.

Результаты исследований. Результаты формирования микроклубней *in vitro* представлены на примере использования новых перспективных сортов картофеля, задействованных в процессе формирования конкурентоспособного семенного фонда во исполнение индикаторов подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в РФ».

Формирование биомассы в период роста микрорастений зависело от биологических особенностей используемых в эксперименте сортов и применяемых составов питательных сред. Проведение наблюдений за развитием растений показало, что независимо от технологии выращивания применение 6% концентрации сахарозы задерживало морфогенез растений. Такие регенеранты оказались невысокого роста (6–10 см) и образовывали мелкую листовую пластину. В вариантах с применением комбинированных составов питательных сред микрорастения характеризовались высокими показателями морфологических структур. Такие регенеранты в процессе применения первого состава среды, содержащей 2% сахарозы, сформировали более 6 междоузлий и достигли высоты 14–20 см (см. рис.).

Эффективность различных методов получения *in vitro* материала оценивают по коэффициенту размножения и выходу микроклубней, в том числе соответствующих нормативным требованиям в отношении размерных характеристик. К стандартной фракции относятся микроклубни размером более 9 мм в поперечном диаметре [11].



Развитие микрорастений в исследуемых вариантах

В исследуемых вариантах опыта процесс формирования микроклубней *in vitro* зависел от биологических особенностей. Сорта Гулливер, Садон и Кумач характеризовались интенсивным микроклубнеобразованием. В контрольном варианте в результате применения одного состава питательной среды с содержанием сахарозы 6% отмечали наименьшие показатели количественного выхода. Такие растения сформировали от 0,61 до 0,85 микроклубня при минимальных показателях выхода стандартного размера (от 0 до 0,14 ед.) (см. табл.).

Применение аналогичного состава среды и пробирок Ø25 мм не привело к увеличению общего количества сформированных микроклубней у сортов Садон и Кумач, однако по выходу стандартного размера отмечено достоверное превышение по сравнению с контролем.

Такая же тенденция была отмечена в вариантах с применением контейнеров, где применение среды с содержанием 6% сахарозы не привело к формированию большего количества микроклубней. При этом в этих вариантах выход стандартного материала у сортов Гулливер и Садон возрос на 8,7–12,5 ед. Полученные результаты показали, что при использовании среды с 6% сахарозы увеличение площади питания микрорастений на основе использования сосудов различных размеров не способствовало увеличению количественного выхода микроклубней.

Применение комбинированных составов питательных сред с использованием чередования концентраций сахарозы отражает положительную тенденцию увеличения количественного выхода микроклубней. В вариантах с включением на первоначальном этапе 2% сахарозы в состав питательной среды были сформированы хорошо развитые регенеранты. Добавление высокой концентрации сахарозы на втором этапе развития способствовало индуцированию столонов. Создание стрессовых усло-

вий при размещении таких растений в условиях полной темноты способствовало интенсивному оттоку питательных веществ и интенсивному формированию микроклубней.

Количественный выход *in vitro* микроклубней

Сорт	Вариант опыта	Количество клубней, шт.					S^2, шт.	Cv, %
		всего	>9 мм	<9 мм	на одно растение			
					всего	>9 мм		
Гулливер	1. МС 6% сахарозы, Ø16 мм — контроль	33,5	6,3	27,2	0,84	0,16	28,33	15,88
	2. МС 2% + 8% сахарозы, Ø 16 мм	40,5	29,3	11,5	1,01	0,73	33,66	14,32
	3. MS 6% сахарозы, Ø25 мм	48,3	13,5	14,8	1,21	0,34	32,92	11,88
	4. МС 2% + 8% сахарозы, Ø25 мм	52,2	40,3	11,9	1,31	1,01	116,25	20,63
	5. МС 6% сахарозы, контейнеры	35,3	15,0	20,3	0,88	0,38	50,92	20,23
	6. МС 2% + 8% сахарозы, контейнеры	78,2	53,8	24,4	1,96	1,35	199,58	18,06
	$НСР_{095}$	**12,69**	**8,02**					
Садон	1. МС 6% сахарозы, Ø16 мм — контроль	24,5	0,0	24,5	0,61	0,0	41,66	24,33
	2. МС 2% + 8% сахарозы, Ø16 мм	38,5	12,5	16,0	0,96	0,31	116,33	28,0
	3. MS 6% сахарозы, Ø25 мм	28,8	10,3	18,5	0,72	0,26	51,58	15,20
	4. МС 2% + 8% сахарозы, Ø25 мм	47,3	36,2	11,1	1,18	0,91	116,25	20,48
	5. МС 6% сахарозы, контейнеры	30,8	12,5	18,3	0,77	0,31	14,25	12,26
	6. МС 2% + 8% сахарозы, контейнеры	86,2	67,5	18,7	2,15	1,68	105,58	11,91
	$НСР_{095}$	**13,37**	**9,35**					
Кумач	1. МС 6% сахарозы, Ø16 мм — контроль	33,8	5,7	28,1	0,85	0,14	38,91	18,37
	2. МС 2% + 8% сахарозы, Ø16 мм	36,2	29,8	6,4	0,91	0,74	14,92	10,65
	3. MS 6% сахарозы, Ø25 мм	40,3	20,2	20,1	1,01	0,50	72,92	21,19
	4. МС 2% + 8% сахарозы, Ø25 мм	45,3	37,7	7,6	1,13	0,94	104,25	22,56
	5. МС 6% сахарозы, контейнеры	37,5	11,8	25,7	0,93	0,30	16,25	10,67
	6. МС 2% + 8% сахарозы, контейнеры	77,3	56,7	20,6	1,93	1,42	166,25	16,69
	$НСР_{095}$	**13,32**	**8,39**					

Примечание: S^2 — дисперсия, Cv% — коэффициент вариации.

Увеличение площади питания растений в сосудах с использованием пробирок Ø25 мм и применение двух составов питательных сред способствовало увеличению количество микроклубней. В таких вариантах было сформировано 45,3–52,2 микроклубня, из которых 36,2–40,3 ед. размером >9 мм, и такое превышение по отношению к контролю на уровне 0,95 является статистически достоверным.

Использование контейнеров в сочетании с комбинированным составом двух питательных сред в шестом варианте опыта давало увеличение коэффициента размножения растений. Исследуемые сорта сформировали от 77,3 до 86,2 микроклубня при выходе стандартной фракции от 53,8 до 67,5 ед., или 69–78% при широком диапазоне разброса показателей (S^2). Однако коэффициент вариации (Cv) в проводимом эксперименте не превышает 28%, что указывает на присутствие однородной статистической совокупности в результатах проводимой обработки данных.

По результатам проводимых исследований видно, что выращивание микроклубней в контейнерах способствовало увеличению общего количественного выхода микроклубней по сравнению с пробирочной культурой в 1,5–1,9 раза у сорта Гулливер, 1,8–2,2 раза у сорта Садон и в 1,7–2,1 раза у сорта Кумач. При этом выход стандартного материала в результате использования контейнеров возрос в 1,3–1,9 раза.

Доля влияния вариантов в эксперименте по результатам статистической обработки данных составила 79,7–87,8%, доля повторений — 0,4–4,1% при случайном варьировании 11,1–18,6%.

На основе интерпретации полученных данных для выращивания исходного материала картофеля в оригинальном семеноводстве рекомендуется применение технологии с использованием двух составов питательных сред: первый — агаризованный с содержанием 2% сахарозы и второй при формировании растениями 4–6 междоузлий — добавление жидкой питательной среды с содержанием 8% сахарозы.

Заключение. Внедрение технологии выращивания микроклубней в лабораторный процесс способствует круглогодичному выращиванию *in vitro* материала и может быть использовано в качестве дополнения к программе клонального микроразмножения. Преимущество метода получения микроклубней заключается в отсутствии сезонности при их выращивании и возможности длительного хранения исходного материала. Применение контейнерной технологии получения микроклубней *in vitro* позволяет увеличить выход стандартной фракции и таким образом создать дополнительный фонд исходного материала для оригинального семеноводства картофеля.

На микроклубнеобразование *in vitro* в равной степени оказали влияние сортовые особенности и применяемые элементы в технологии получения микроклубней, включающие применение различных концентраций сахарозы. Наибольший выход микроклубней отмечен при использовании контейнеров и двух составов питательной среды. На первом этапе онтогенеза биоматериал культивируют на среде с концентрацией сахарозы 2%, способствующей формообразовательному процессу *in vitro*, а на втором этапе в качестве индуктора клубнеобразования вводят среду, содержащую 8% сахарозы. Добавление жидкой питательной среды с высокой концентрацией сахарозы способствовало индукции клубнеобразования и увеличению общего выхода микроклубней у исследуемых сортов картофеля в 1,5–2,2 раза и выхода стандартной фракции в 1,3–1,9 раза по сравнению с пробирочной технологией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. García J., Campos F., Bolanos J., Rodríguez R. Effect of two cytokinins and a growth inhibitor on the *in vitro* tuberization of two genotypes of *Solanum tuberosum L.* cvs. Atlanticand Alpha. UNICIENCIA, 2019. — Vol. 33. — № 2. — P. 1–12.

2. Gopal J., Chamail A., Sarkar D. *In vitro* production of microtubers for conservation of potato germplasm: effect of genotype, abscisic acid, and sucrose // *In Vitro* Cellular Developmental Biology — Plant, 2004. — Vol. 40 (5). — P. 485–490.

3. Jin H., Liu J., Song J., Xie C. H. Impact of Plant Density on the Formation of Potato Minitubers Derived from Microtubers and Tip-Cuttings in Plastic Houses. Journal of Integrative Agriculture, 2013. — V. 12 (6). — P. 1008–1017.

4. Kawakami J., Iwama K., Jitsuyama Y., Zheng X. Effect of cultivar maturity period on the growth and yield of potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers. American Journal of Potato Research, 2004. — Vol. 81 (5). — P. 327–333.

5. Lê C. L. *In vitro* microtuberization: an evaluation of culture conditions for the production of virus-free seed potatoes // Potato Research, 1999. — Vol. 42. — P. 489–498.

6. Mohapatra P. P., Batra V. K., Kajla S., Poonia A. K. *In vitro* multiplication and microtuberization of Solanum tuberosum using different Growth Regulators // Vegetos — An International Journal of Plant Research, 2018. — Vol. 31. — P. 114–122.

7. Morais, T., Asmar S., Silva H., Luz J., Melo B. Application of tissue culture techniques in potato // Bioscience Journal, 2018. — Vol. 34 (4). — P. 952–969.

8. Ranalli P., Bizarri M., Borghi L., Mari M. Genotypic influence on in vitro induction, dormancy length, advancing age and agronomical performance of potato microtubers (*Solanum tuberosum L.*) // Appl. Biol., 1994. — Vol. 125. — P. 161–172.

9. Sahin, N. K., Benlioglu B., Ahmed H. A., Uranbey S. Effects of salt stress on expression level of Stdreb2 transcription factor and microtuberization of different potato genotypes // Journal of Animal and Plant Sciences-Japs, 2020. — № 30 (5). — P. 1246–1251.

10. Wrobel S. Assessment of potato microtuber and *in vitro* plantlet seed multiplication in field conditions // Growth, development and yield. Field crops research, 2015. — Vol. 178. — P. 26–33.

11. ОСТ 10 004–93. Отраслевой стандарт Картофель семенной оздоровленный исходный материал. Выращивание в условиях *in vitro* / Типовой технологический процесс. Минсельхоз РФ, 1993. — 38 с.

УДК 5852.998.4:581.132

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ УФ–ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ САЛАТА

Е. В. Колодина, В. Ю. Чиркова, Е. А. Шарлаева

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Важным показателем адаптации растений к различным факторам окружающей среды является содержание фотосинтетических пигментов, что связано с чувствительностью фотосинтетического аппарата к стрессовым воздействиям. Рассмотрено содержание хлорофиллов и каротиноидов, а также их сумм и соотношений в листьях краснолистного салата сорта Барбадос при разном времени предпосевной обработки коротковолновым ультрафиолетовым излучением.

Ключевые слова: хлорофилл, каротиноиды, предпосевная обработка семян, УФ-излучение, окислительный стресс, краснолистный салат

Ультрафиолетовое (УФ) излучение — один из факторов, который может оказывать влияние на морфофизиологические и биохимические показатели растительного организма. Количественное содержание фотосинтетических пигментов является важным показателем адаптации растительных организмов к действию стрессовых факторов, так как фотосинтетический аппарат очень чувствителен к внешним воздействиям [3].

Целью данной работы было изучение влияния предпосевной обработки коротковолновым УФ-излучением на содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях салата.

Объектом исследования был краснолистный салат сорта Барбадос, выращенный в лабораторных условиях. Данный сорт — среднеспелый, листья крупные с антоциановым оттенком. Предпосевная обработка семян салата проводилась коротковолновым УФ-излучением с использованием системы Bio-Link Vilber (λ=254 нм) в течение 15, 30, 45 и 60 мин. Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов в спиртовых вытяжках из листьев салата проводилось спектрофотометрическим методом [5] путем определения их оптической плотности при длинах волн 440, 649 и 665 нм.

Являясь компонентами фотосистем I и II, хлорофилл a является основным, а хлорофилл b — дополнительным. В связи с этим содержание суммы данных пигментов — важный критерий адаптации растений к факторам среды [3]. В результате УФ-обработки наблюдалось значительное повышение суммы хлорофиллов (рис. 1).

При 15-минутном облучении содержание хлорофиллов повышалось на 54%, при 30-минутном — на 55% относительно контрольных образцов. При воздействии УФ-излучения на образцы, выращенные из облученных в течение 45 и 60 мин семян, не наблюдалось значительного изменения содержания суммы рассматриваемых фотосинтетических пигментов. Повышение содержания хлорофиллов может быть показателем перестройки светособирающего комплекса и адаптации хлоропластов к окислительному стрессу [1].

Однако в литературе встречаются данные о снижении накопления хлорофиллов и каротиноидов при воздействии УФ-излучения [4].

Каротиноиды способствуют предотвращению окислительного стресса путем снятия переизбытка энергии у возбужденного хлорофилла и рассеивания ее в виде тепла [2].

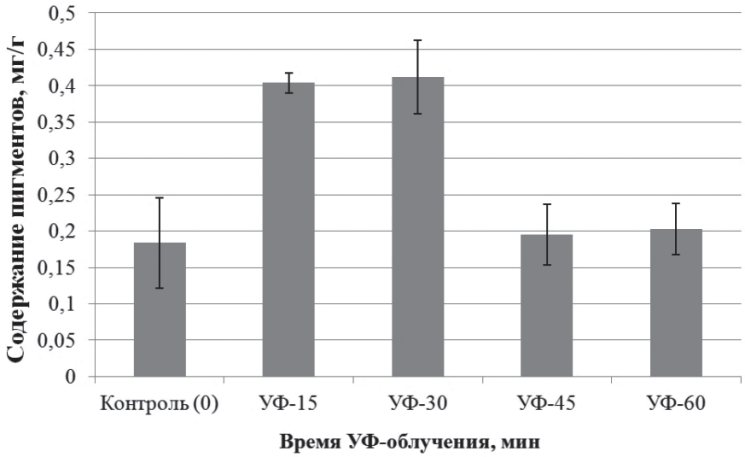


Рис. 1. Содержание хлорофиллов в листьях салата

При УФ-обработке в листьях салата происходило снижение содержания каротиноидов на 30% при 15-минутном облучении и на 33% — при 30-минутном относительно контроля. При 45- и 60-минутной предпосевной обработке значительных изменений в содержании каротиноидов не наблюдалось (рис. 2).

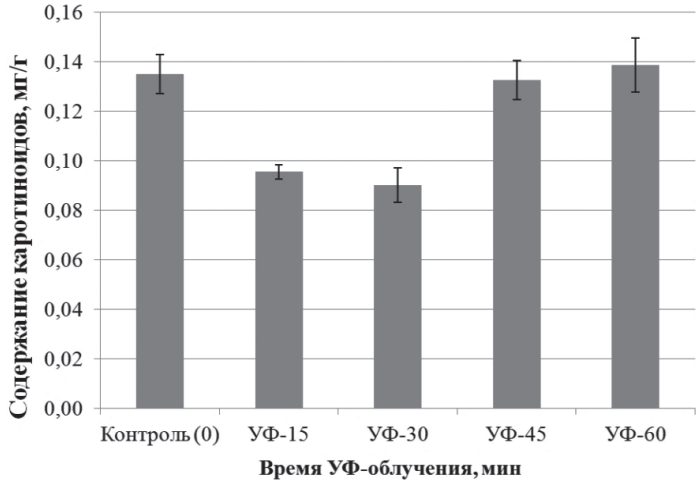


Рис. 2. Содержание каротиноидов в листьях салата

Отношение суммы хлорофиллов к содержанию каротиноидов и сумма фотосинтетических пигментов являются важными индикаторами стресса и надежными критериями адаптации растений к факторам среды [3] (табл.).

Сумма и соотношение фотосинтетических пигментов

Время УФ-воздействия, мин / Значения сумм и отношения	Контроль (0)	15	30	45	60
Хл (a+b) / каротиноиды	1,363	4,253	4,578	1,467	1,460
Хл (a+b) + каротиноиды, мг/г	0,319	0,499	0,502	0,328	0,342

При 15- и 30-минутной предпосевной УФ-обработке наблюдались максимальные значения отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам, а также суммы всех фотосинтетических пигментов, что обусловлено высоким содержанием хлорофиллов при данном времени воздействия фактора. Облучение в течение 45 и 60 мин не привело к существенному изменению расчетных показателей относительно контроля.

Таким образом, предпосевная УФ-обработка семян салата сорта Барбадос в течение 15 и 30 мин приводит к существенному изменению в содержании фотосинтетических пигментов, причем в этом диапазоне между хлорофиллами и каротиноидами наблюдается обратная зависимость: содержание хлорофиллов в листьях салата увеличивается, а каротиноидов — снижается. При увеличении длительности воздействия (45 и 60 мин) фактора существенных изменений в содержании фотосинтетических пигментов не выявлено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гинс М. С., Гинс В. К., Кононков П. Ф., Байков А. А. и др. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в органах растения хризантемы овощной в условиях низкой положительной температуры // Российская сельскохозяйственная наука, 2019. — № 4. — С. 22–26.

2. Джафаров Элимхан Сулейман оглы, Годжаева Гюнель Амираслан кызы, Джафарлы Айсель Керим кызы, Оруджева Джамала Рафик кызы, Бабаев Гасан Гариб оглы. Изменение содержания отдельных элементов антиоксидантной системы зашиты *Alhagi Pseudalhagi* (Bieb.) в условиях хронического гамма-облучения // Вопросы радиационной безопасности, 2013. — № 3 (71). — С. 12–24.

3. Карпова Е. А., Фершалова Т. Д. Динамика содержания пигментов в листьях *Begonia grandis* Dryander subsp. *grandis* при интродукции в Западной Сибири (г. Новосибирск) // Вестник Томского гос. ун-та. Биология, 2016. — № 1 (33). — С. 140–158.

4. Плотникова Л. Я., Самойлов В. Н. Влияние светодиодов и УФ-излучения на ростовые и биохимические показатели салата листового (*Lactuca Sativa L.*) // Успехи современного естествознания, 2021. — № 5. — С. 24–30.

5. Тринеева О. В., Сливкин А. И., Сафонова Е. Ф. Определение гидроксикоричных кислот, каротиноидов и хлорофилла в листьях крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) // Химия растительного сырья, 2015. — № 3. — С. 105–110.

УДК 633.11 (575.2)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, РАЙОНИРОВАННОЙ В КЫРГЫЗСТАНЕ

К. Э. Мусаева. В. К. Исаева, Ш. С. Сулейманова

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, г. Бишкек, Кыргызстан

В данной работе представлены результаты оценки устойчивости к засухе сортов и гибридов яровой пшеницы в лабораторных и полевых условиях. Первичная оценка засухоустойчивости проводилась в лабораторных условиях. Физиологические анализы на засухоустойчивость образцов яровой пшеницы определялись по прорастанию семян на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением. Полевые опыты проводились в Ботаническом саду КНУ им. Ж. Баласагына, расположенном на высоте 800 м н. у. м., где средняя температура лета составляет 25–27 °С и средняя относительная влажность воздуха в период налива зерна достигает всего 40%. Отбор образцов осуществлялся по результатам изучения показателей продуктивности на двух фонах полива и богары, а также по прорастанию семян в растворах сахарозы.

Ключевые слова: пшеница, засухоустойчивость, сорт, гибрид, засуха, продуктивность

Кыргызская Республика — аграрная страна, где более половины населения занято в сельском хозяйстве, в силу сложившихся климатических условий территории находятся в зоне рискованного земледелия, поэтому сельскохозяйственное производство здесь в наибольшей степени зависит от возможных изменений климата.

Эксперты считают, что изменение климата усилит нестабильность сельскохозяйственного производства в мире и увеличит частоту стихийных бедствий. Изменение климата приводит к таким природно-климатическим аномалиям, как засуха, наводнение, опустынивание, и снижает производство сельскохозяйственной продукции, что угрожает продовольственной безопасности.

Засуха, даже кратковременная, резко снижает продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур. Чтобы гарантировать сельское хозяйство от потерь в засушливые годы, необходимо иметь устойчивые к дефициту влаги сорта пшеницы и других культур.

Прямая оценка засухоустойчивости в поле требует многолетних наблюдений. Засуха бывает не каждый год, изменяется и ее характер. Для ускорения селекционного процесса в последнее время все чаще прибегают к косвенной оценке засухоустойчивости с помощью лабораторных физиологических методов. Особый интерес представляют методы ранней диагностики на семенах и проростках, поскольку они позволяют проводить оценку круглый год и анализировать большое количество селекционного материала [1].

В то же время опыт работы физиологов позволяет прийти к выводу, что ни один из ныне существующих лабораторных методов в отдельности не может служить достаточно надежным критерием оценки засухоустойчивости из-за сложности и полигенности этого свойства растений. Тем более что при этом не учитывается такая важная характеристика генотипа, как потенциальная продуктивность.

В связи с этим необходимо использовать комплекс методов, с помощью которых можно было бы оценивать не только различные стороны засухоустойчивости сортов пшеницы на ранних этапах развития растений, но и прогнозировать их потенциальную урожайность. Это важно еще и потому, что засухоустойчивые формы, как правило, являются низкоурожайными вследствие противоречия этих двух свойств растений. Поэтому необходимо отбирать формы, сочетающие их на определенном уровне в одном генотипе [2].

Целью нашей работы является изучение физиологических особенностей засухоустойчивости сортообразцов яровой пшеницы.

Материалы и методы исследования. Изучение физиологических признаков и сравнительная оценка засухоустойчивости сортообразцов яровой пшеницы осуществлены полевыми и лабораторными методами.

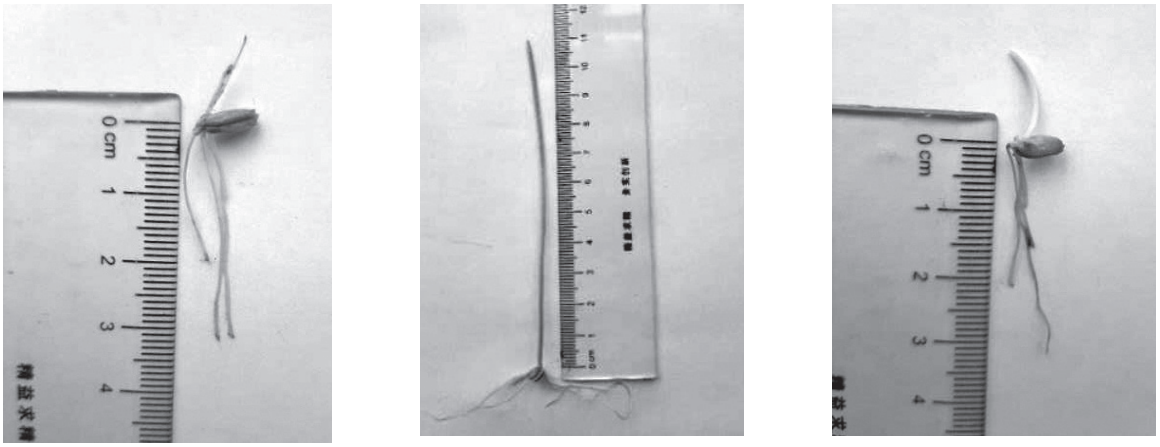
Для изучения подобраны 12 сортообразцов яровой пшеницы, районированные и предлагаемые для районирования в Кыргызстане. Полевые и лабораторные исследования проведены в Ботаническом саду и в лабораториях кафедры ботаники и физиологии растений факультета биологии КНУ им. Ж. Баласагына.

Первичная оценка селекционного материала на засухоустойчивость проведена лабораторным методом Удовенко и др. (1970), способом проращивания семян в различных концентрациях раствора сахарозы.

Результаты исследования. В лабораторных исследованиях засухоустойчивость пшеницы определена по степени прорастания семян на осмотических растворах. Высокий процент проросших семян отражает способность сорта использовать скудные запасы влаги в почве, что говорит о его засухоустойчивости в начальные стадии развития [1, 3]. В качестве раствора осмотика использован 5%-ный раствор сахарозы. Испытуемые образцы проращивались в термостате при температуре 21 °С в течение 7 суток. На седьмые сутки были определены следующие показатели: всхожесть, количество и длина главных зародышевых корней, длина проростков (рис.).

По способности прорастать на растворах сахарозы все изучаемые сортообразцы по показателям среднего процента проросших семян можно ранжировать на три группы: неустойчивые (до 50%), слабоустойчивые (56–67%) и высокоустойчивые (75–86%) (табл. 1).

У высокоустойчивых образцов прорастание колебалось от 75 до 86%, в то время как у слабоустойчивых — от 57 до 67%. В группу более высокоустойчивых отнесены 4 образца. Эти образцы обладают более высокими показателями сосущей силы, а отсюда и способностью семян использовать скудные запасы влаги.



Морфометрические характеристики развития корневой системы и стебля

По устойчивости к засухе наибольшие значения отмечены у образцов Миссим × Интенсивная (79,4%), Д-12 (86%), Зубков (86%), Интенсивная (75%). У сорта-классификатора Интенсивная процент проросших семян составил 75.

Выделенные в лабораторных условиях засухоустойчивые сортообразцы оценивались в полевых условиях на двух фонах: поливном и богарном. Учет количественных показателей продуктивности проводился индивидуально по каждому растению.

Агротехника — общепринятая для возделывания яровой пшеницы. Посев, наблюдения и учеты выполнялись согласно методике отдела пшеницы ВИР (1984).

При оценке потенциальной урожайности изучены такие показатели, как высота растений, кустистость растений, длина колоса, число колосков в колосе, число зерен с колоса, масса зерна с растения, масса 1000 зерен.

Таблица 1

Морфометрические характеристики и всхожесть изучаемых сортообразцов яровой пшеницы

№	Наименование сортообразцов	Длина проростка, см	Длина зародышевого корня, см	Всхожесть,%
Высокоустойчивые				
1	Интенсивная	1,4	0,9	75,0
2	Миссим × Интенсивная	0,9	3,4	79,4
3	Зубков	1,2	1,7	86,0
4	Д-12	1,1	0,8	86,0
Слабоустойчивые				
5	Жаным	0,5	1,1	57
6	7 th ISRNT	1.0	1,5	57
7	ISRNT × Алеша	1,0	1,4	65,5
8	Ласточка	1,0	0,5	67,0
Неустойчивые				
9	Алеша × Интенсивная	1,5	0,7	36,3
10	Айкын	0,8	0,4	50
11	Алеша × ISRNT	2,1	1,5	50
12	Жигер	1,2	0,6	50

В таблице 2 представлены некоторые показатели структуры продуктивности изучаемых сортообразцов яровой пшеницы трех групп устойчивости в условиях полива и богары.

Следует отметить: когда используется для оценки несколько методов, существует сложность установить, какие же из образцов являются лучшими. Так как по одному параметру образец превышает другие сорта, а по другому имеет худшие характеристики. Для того чтобы выявить, какой же из образцов имеет наилучший суммарный результат, необходимо найти комплексный критерий [2].

Таблица 2

Показатели структуры продуктивности изучаемых сортообразцов яровой пшеницы

Сортообразец	Количественные показатели продуктивности													
	кустистость, шт.		высота растений, см		длина колоса, см		кол-во колосков, шт.		число зерен с колоса, шт.		масса зерен с растения, г		масса 1000 зерен, г	
	полив	богара	полив	богара	полив	богара	полив	богара	полив	богара	полив	богара	полив	богара
Высокоустойчивые														
Интенсивная	2,6	2,1	57,7	52,0	5,7	5,8	13	13	17	16	0,3	0,3	23,5	14,0
Миссим × Интенсивная	3,2	2,6	65,6	62,3	8,9	6,5	23	18	28	15	0,6	0,3	22,8	19,0
Зубков	1,1	1,6	64,3	62,7	7,5	8,0	19	18	15	21	0,4	0,5	23,5	20,0
Д-12	3,1	2	49,5	47,3	5,8	6,7	14	15	13	16	0,2	0,3	14,0	15,2
Слабоустойчивые														
Жаным	1,5	2	50,3	54,3	6,8	6,5	12	13	17	17	0,4	0,3	18,0	15,2
7th ISRNT	1,3	1,5	56,8	53,3	6,8	7,2	15	13	22	15	0,5	0,3	19,6	15,2
ISRNT × Алеша	3,8	1,6	57,3	58,1	6,2	6,1	13	13	18	17	0,3	0,3	17,0	15,4
Ласточка	2	1,3	42,7	43,7	7,3	6,7	16	14	17	14	0,4	0,2	19,0	18,0
Неустойчивые														
Алеша × Интенсивная	1,8	1,1	41,0	42,7	6,1	5,8	13	14	17	14	0,3	0,2	22,0	18,0
Айкын	2	1,5	64,3	60,7	7,5	6,8	17	15	15	15	0,4	0,3	23,5	24,0
Алеша × ISRNT	2	1,5	63,6	59,3	10	7,0	21	16	25	14	0,5	0,3	26,0	22,0
Жигер	2,5	2,7	50,2	55,3	6,7	7,0	15	13	19	14	0,4	0,3	19,0	22,0

Заключение. В ходе лабораторных и полевых исследований выделены сортообразцы Миссим × Интенсивная и Зубков, обладающие высокими показателями по всем изучаемым критериям. Эти сортообразцы будут использованы в селекции пшеницы на засухоустойчивость как исходный материал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Удовенко Г. В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. — Л. : ВИР, 1988. — 226 с.

2. Патуринский А. В. Козулина Н. С. Физиологическая оценка засухоустойчивости селекционного материала пшеницы и ячменя. — Красноярск : Красноярский гос. аграрный ин-т, 1999. — 250 с

3. Кожушко Н. Н. Изучение засухоустойчивости мирового генофонда яровой пшеницы для селекционных целей. — Л. : ВИР, 1991. — 92 с.

4. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. — Л. : ВИР, 1988. — 25 с.

5. Способ определения засухоустойчивости растений // а. с. 791328.1980. БИ № 48. Осипов Ю. Ф., Федулов Ю. П., Чуваева А. Л., Каленич В. И.

УДК 631.544.4

ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВ В ТЕПЛИЧНЫХ КОМБИНАТАХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ ИЛИ УСТРАНЕНИЮ

С. А. Романенко, П. А. Миненко, Ю. И. Стасенко, А. О. Шардина, А. М. Шрайбер, В. С. Солдаткин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Излагаются результаты анализа рисков в тепличных комбинатах, влияющих на качество продукции и экологическую обстановку. Проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы. На основе проведенного анализа выявлены следующие основные риски: низкое качество продукции по вкусовым, ароматическим и питательным свойствам; световое загрязнение окружающей среды; нарушение цветовосприятия у рабочего персонала теплицы; грибковые и вирусные заболевания сеянцев; повышенная влажность воздуха или перегрев (нарушение микроклимата); поломка оборудования; энергетические перебои. Проведена оценка рисков по уровню воздействия и вероятности возникновения, предложены стратегии реагирования по каждому выявленному риску в тепличных комбинатах.

Ключевые слова: тепличные комбинаты, риски, новые решения, выращивание, круглогодичное использование

Введение. Известно [1], что в Российской Федерации, по данным на 2019 г., более 100 крупных (свыше 20 га) и средних (10–20 га) проектов по строительству теплиц. До конца 2021 г. должно быть введено около 500 га новых теплиц, общая площадь должна составить 3,3 тыс. га.

Теплицы проектируются согласно [2]. Большинство из них — рассадно-овощные тепличные комбинаты, это комплексы производственных, вспомогательных и административно-хозяйственных построек, предназначенные для выращивания овощей и рассады. Такие комбинаты включают в себя теплицы круглогодичного использования. У теплиц круглогодичного использования стены и крыша

изготавливаются из стекла, чтобы растения получали достаточное количество солнечной радиации. В осенний, зимний и весенний периоды года, когда солнечной радиации недостаточно, используются светильники на основе натриевых ламп, например, ЖСП30ТЭк-600–013У5 ООО «Рефлакс» [3]. Важнейшим условием работы таких теплиц является поддержание микроклимата — температуры, влажности и вентиляции. Не менее важный фактор — обеспечение биологической безопасности растений от грибков, вредных паразитов и т. д. Известны различные способы дезинфекции помещений, распространенным наиболее является применение ультрафиолетового излучения [4]. Известно [5], что излучение коротковолнового оптического спектра стимулирует у растений биосинтез вторичных метаболитов — флавоноидов. Флавоноиды придают растениям вкус, запах и полезные компоненты. В [6] установлены требования к производству органической продукции.

Целью работы является выявление основных рисков в тепличных комбинатах, влияющих на качество продукции и экологическую обстановку. Для достижения поставленной цели следует провести аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы, проанализировать основные риски в тепличных комбинатах и предложить мероприятия по снижению или устранению данных рисков.

Выявлены следующие риски, которые могут негативно отразиться как на качестве продукции, так и на экологической обстановке при технологическом процессе производства в тепличных комбинатах.

Риски теплиц

— Низкое качество продукции по вкусовым, ароматическим и питательным свойствам. Уровень риска высокий. Вероятность возникновения высокая. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — выбор источников света с коротковолновой составляющей оптического спектра для биосинтеза флавоноидов (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид томатов

— Световое загрязнение окружающей среды. Уровень риска высокий. Вероятность возникновения высокая. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — выбор светодиодных источников света для размещения на более низком расстоянии от растений, излучающих меньший световой поток и оптическую систему направленного распределения светового потока на растения (рис. 2).

— Нарушение цветовосприятия у рабочего персонала теплицы. Уровень риска высокий. Вероятность возникновения высокая. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — выбор светодиодных источников света с высоким индексом цветопередачи (рис. 3).

Рис. 2. Световое загрязнение от тепличного комбината

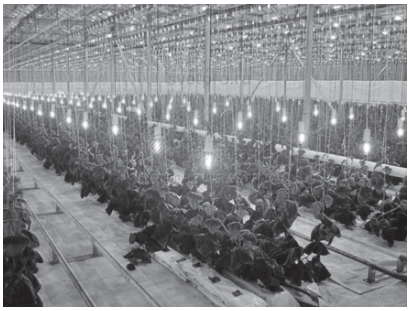


Рис. 3. Освещение в тепличном комбинате

— Грибковые и вирусные заболевания сеянцев. Уровень риска средний. Вероятность возникновения низкая. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — проведение санитарных обработок, специальная одежда у сотрудников, вентиляция воздуха с функцией дезинфекции (рис. 4).

— Повышенная влажность воздуха или перегрев (нарушение микроклимата). Уровень риска высокий. Вероятность возникновения высокая. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — установление датчиков контроля для измерения влажности, температуры, уровня CO_2 (рис. 5).

Рис. 4. Грибок у томатов

Рис. 5. Повышенная влажность

Для орошения почвы лучше использовать гранулы гидрогеля. Гидрогель — это вещество, поглощающее влагу, чтобы затем подпитывать ею растения. Его выпускают в виде небольших шариков или гранул, которые при контакте с водой разбухают, значительно увеличиваясь в объеме. «Готовый» гидрогель напоминает желе.

Гидрогель безвреден и экологичен: после того как он перестает орошать землю по истечении запаса воды, он полностью разлагается, не нанося вреда окружающей среде.

В качестве источника тепла лучше использовать ИК обогреватель. Принцип работы устройства следующий: лучистая энергия поглощается окружающими поверхностями, превращаясь в тепловую энергию, нагревает их, которые, в свою очередь, отдают тепло воздуху. Для эффективного использования ИК обогревателя необходимо теплопоглощающую поверхность (в данном случае пол теплицы) сделать черного цвета. Малые габариты теплицы позволят обеспечить равномерное распределение тепла во всем объеме.

— Поломка оборудования. Уровень риска низкий. Вероятность возникновения средняя. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — проведение регулярного технического обслуживания и плановых осмотров (рис. 6).

— Энергетические перебои. Уровень риска высокий. Вероятность возникновения высокая. Стратегия реагирования — снижение риска. Мероприятие по снижению риска — установление в теплицы генератора (рис. 7).

Рис. 6. Поломка оборудования тепличного комбината

Рис. 7. Энергоснабжение тепличного комбината

Заключение. Проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы, проанализированы основные риски в тепличных комбинатах и предложены мероприятия по снижению или устранению данных рисков.

Выявлены риски: низкое качество продукции по вкусовым, ароматическим и питательным свойствам; световое загрязнение окружающей среды; нарушение цветовосприятия у рабочего персонала теплицы; грибковые и вирусные заболевания сеянцев; повышенная влажность воздуха или перегрев (нарушение микроклимата); поломка оборудования; энергетические перебои. Снижение или устранение данных рисков позволит обеспечить требования [7]. А также новые решения в качестве поддержания микроклимата теплицы. В качестве полива использование гидрогеля. Для обогрева и температурного поддержания применение ИК обогревателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ российского рынка тепличных хозяйств: итоги 2019 г., прогноз до 2023 г. URL: https://marketing.rbc.ru/articles/12105/ (дата обращения: 01.07.2021).

2. РД-АПК 1.10.09.01–14 Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200115545 (дата обращения: 01.07.2021).

3. Официальный сайт ООО «Рефлакс». URL: https://www.reflux.ru (дата обращения: 01.07.2021).

4. Шардина А. О., Михальченко Т. С., Юлдашова Л. Ш., Солдаткин В. С. Влияние параметров источников облучения на скорость дезинфекции микроорганизмов в водной среде // Электронные средства и системы управления : мат-лы докладов Междун. научн.-практич. конфер., 2020. — № 1–1. — С. 237–240.

5. Борисова Г. Г., Ермошин А. А., Малева М. Г., Чукина Н. В. Основы биохимии вторичного обмена растений. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 128 с.

6. Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ (последняя редакция). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/ (дата обращения: 01.07.2021).

7. СанПиН 2.3.2.1078–01 Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. URL: https://docs.cntd.ru/document/901806306 (дата обращения: 01.07.2021).

УДК 633.18:631.527

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РИСА (*ORYZA SATIVA L.*)

Е. Г. Савенко, В. А. Глазырина, Л. А. Шундрина

Федеральный научный центр риса, г. Краснодар, Россия

Проведены исследования и разработан эффективный протокол для инициации каллусогенеза, развития каллуса и регенерации зеленых проростков риса *japonika* при минимизации альбинизма. Апробирована схема ускоренного создания гомозиготных селекционных ресурсов риса за счет использования технологий гаметных клеток, молекулярного маркирования и методов классической селекции, оптимизированной для применения, на селекционном материале коллекции ФГБНУ «ФНЦ риса». С использованием экспериментальной гаплоидии для практического применения созданы гомозиготные линии от гибридов риса первого поколения с генами, определяющими гетерозисный эффект, устойчивость к пирикуляриозу, холодостойкость и солеустойчивость. На основе выделенных DH линий (удвоенные гаплоиды) созданы, зарегистрированы в Государственном реестре селекци-

онных достижений РФ, районированы и допущены к использованию по Северо-Кавказскому региону 5 андрогенных сортов риса.

Ключевые слова: андрогенез, гаплоидия, удвоенные гаплоиды риса, молекулярное маркирование

Создание улучшенных и принципиально новых генотипов сельскохозяйственных растений, обладающих единичной, групповой или комплексной устойчивостью к заболеваниям, биотическим и абиотическим стрессовым факторам среды, при сохранении и повышения их продуктивности и качества является важным направлением в современной селекции. Сочетание классической селекции с гаметными технологиями позволяет решить поставленные задачи в более короткие сроки, повысить эффективность селекционного процесса, получить в массовом количестве генетически стабильные линии с хозяйственно ценными признаками [2]. Использование метода культуры пыльников (КП) приводит к значительному прогрессу, особенно в селекционных программах риса *Oryza sativa L.* Метод культуры пыльников наиболее интенсивно применяется для этой зерновой культуры, так как способствует сокращению времени, необходимого для улучшения существующих, и производству новых сортов (Herath and Bandara, 2011). Удвоенные гаплоидные растения имеют многочисленные преимущества: разнообразие и гомогенность создаваемых линий; высокую эффективность отбора целевых генотипов, так как действие рецессивных генов проявляется наряду с доминантными, поэтому в их популяциях отмечается широкий размах варьирования по признакам, контролируемым рецессивными генами и генами, определяющими продуктивность, устойчивость к болезням, биотическим и абиотическим факторам [9]. Таким образом, DH представляют огромный интерес для практических целей и используются в селекционных программах для получения чистых линий и новых высокоадаптивных и продуктивных сортов [5, 10, 11].

Эффективность андрогенеза зависит от ряда взаимосвязанных факторов: генетических, физиологических, условий выращивания растений-доноров, минерального и гормонального состава питательной среды, типа эксплантов и режима культивирования, контроля количества хромосом у регенерантов, метода удвоения гаплоидного набора хромосом, условия перевода дигаплоидных растений из культуры *in vitro* в почву, — каждый из которых оказывает свое влияние на морфогенетические процессы при культивировании изолированных пыльников / микроспор *in vitro* [4, 8]. Также регенерация растений риса с помощью культуры пыльников сопряжена с рядом таких трудностей, как ранний некроз пыльников, каллусов и высокая частота альбинизма [3, 6]. Несмотря на определенные методические успехи, гаплоидная биотехнология все еще не находит широкого применения в практической селекции и фундаментальных исследованиях [7].

Цель исследования — оптимизация методической схемы получения удвоенных гаплоидов риса (*Oryza sativa L.*) и ускоренное создание в массовом количестве ценного селекционного материала с заданными свойствами (холодоустойчивость, устойчивость к пирикуляриозу, гетерозис) для практического использования.

Методы исследований. В исследованиях применяли метод культуры изолированных пыльников. Для создания генетически стабилизированных гомозиготных константных дигаплоидных линий использовали растения F*1*-поколений риса, полученные в ходе гибридизации. Растения-доноры для отбора биоматериала (незрелые метелки) выращивали в условиях открытой вегетационной площадки и камерах искусственного климата (КИК). Отбор метелок основывался на морфологических признаках: размере метелки, окраске цветка и пыльника, а также на цитологических наблюдениях стадии развития микроспор с использованием системы визуализации EVOS XL Core Configured в проходящем свете (светлое поле или фазовый контраст), диапазон объективов 1,25–100х. Метелки риса поверхностно стерилизовали с использованием 4%-ного гипохлорита натрия (NaClO) в течение 15 минут и трижды промывали стерильной водой. Для инокуляции пыльников использовали базовую агаризованную питательную среду Блейдса (Blaydes, 1966). Пыльники изолировали в стерильных условиях ламинарного бокса и равномерно размещали на поверхности агаризированной питательной среды. Культивировали пыльники в термостате при температуре 25±2^{0}С, относительной влажности 50,0% в темноте в течение 3–4 недель после инокуляции. Проводили наблюдение за ответной реакцией пыльников на процессы индукции каллуса с регистрацией данных по каждой отдельной комбинации

до образования каллусной массы. Каллусы культивировали на среде Murashige and Scoogy (MS, 1962) при фотопериоде 12 часов — день (5 тыс. люкс), 12 часов — ночь, до появления зеленых проростков, которые для укоренения переносили на безгормональную среду MS.

Гаплоидные растения переводили на дигаплоидный уровень с использованием метода зачаточных метелок, при котором метелки размером 0,5–0,7 см вычленяли в стерильных условиях бокса и переносили на питательные среды для стимуляции формообразовательных процессов.

Оценка генетической однородности полученных удвоенных гаплоидов риса проведена на основе генотипирования микросателлитных локусов ДНК с использованием мультиплексного ПЦР-анализа на автоматическом генетическом анализаторе ABIprism 3130, позволяющем идентифицировать разницу в размерах амплифицируемых фрагментов с точностью до одной пары нуклеотидов.

Результаты и обсуждения. Изучено множество факторов для разработки эффективного протокола регенерации в культуре пыльников *in vitro* риса подвида *japonika*. Установлено, что к моменту изоляции пыльников микроспоры должны находиться на оптимальной для перехода к эмбриогенезу фазе развития — одноядерной / ранней двуядерной стадии. Успех в культивировании объектов зависел от правильного выбора питательной среды и тщательности ее приготовления. Инициацию каллуса пыльниковых культур оценивали с использованием различных сред [Блейдса (N_6), Гамборга (B_5), Уайта], дополненных 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой (2,4-D), в сочетании с α-нафталинуксусной кислотой (NAA), кинетином (Kin) или 6-бензиламинопурином (BAP) [1]. Установлено, что состав питательной среды Блейдса для культивирования пыльников риса наиболее соответствует типу питания этой культуры. Исследования показали, что включение 2,0 мг/л 2,4-D в эту среду значительно повысило скорость и частоту индукции каллуса до 27,9%, а у отдельных генотипов и выше.

Активация процессов морфогенеза и дальнейшее развитие новообразований усилены применением 1,0 мг/л NAA (α-нафтилуксусная кислота) в сочетании с 5,0 мг/л кинетина на средах Линсмайера и Скуга (LS, 1965) и Мурасиге и Скуга. Систематическое изучение органических потребностей в культуре пыльников риса в дополнение к минеральным показало, что компонентный состав среды MS, дополненный гормонами, лучше поддерживал неорганизованный каллусный рост и вызывал индукцию морфогенеза, что приводило к формированию каллусов с высоким уровнем потенций к эмбрио/органогенезу. Образование корневой системы (до 90,83%) инициировали 1,0 мг/л IAA (β-индолилуксусная кислота) на твердых агаризированных средах или в растворе Иошида. Высокая частота соматического эмбриогенеза клеток каллуса и/или органогенеза и частота регенерации с последующим образованием жизнеспособных зеленых проростков риса достигнуты при культивировании каллусов на свету T=25±3 °C в течение 15–21 дня. Тем не менее частота потемнения каллусных культур у отдельных генотипов (F_1 Патриот × Rongguang, F_1 Патриот × Liaojing 168 и F_1 Патриот × Liaoxing 21) со временем увеличивалась и достигала высокого уровня (до 100,00%) на 30–40 день. Наибольшее количество регенерантов-альбиносов было зарегистрировано для культур *in vitro* при понижении положительных температур до 12–18 °C на 14 день. Анализ результатов показал, что интенсивность процессов каллусообразования и регенерации растений риса обусловлены не только минеральным и органическим составом питательных сред, природой и концентрацией фитогормона, но в значительной степени генетическими факторами. Так, например, среди изученных гибридов выделены образцы с невысокой степенью отзывчивости к культуре пыльников (F_1 ВНИИР40/4–1 × Rongguang — 0,31% и F_1 Новатор × Longgeng 39–0,72%); со средней степенью отзывчивости (F_1 Злата × Liaojing 168–6,07% и F_1 Рапан × Fuguo — 7,61%) и высокой степенью отзывчивости (F_1 Наутилус × Liaojing 168–21,65% и F_1 ВНИИР40/4–1 × Longing3–27,9%).

Отмечена связь морфологии каллусов с их способностью к регенерации растений. Морфогенными свойствами обладали каллусы с меристематическими очагами, светлых оттенков, мелкозернистые, средней плотности; глобулярные, белые или светло-желтые, средней плотности; плотные, белые, мелкозернистые. Показатель регенерации зеленых растений варьировал от 0,31% (F_1 ВНИИР40/4–1 × Rongguang) до 27,9% (F_1 ВНИИР40/4–1 × Longing3). У большей части растений риса, полученных через культуру пыльников, происходило индуцированное дублирование хромосом (спонтанная диплоидизация). У гаплоидных форм для создания фертильных растений набор хромосом удваивали методом зачаточных метелок.

Эффективность схемы культуры пыльников риса *in vitro* подтверждена практическими результатами: созданы тысячи удвоенных гаплоидов риса, которые изучены селекционными подразделениями научного центра в полевых условиях для проверки их морфологической выравненности и оценки по хозяйственно важным признакам. На основе выделенных гомозиготных DH линий зарегистрированы в Государственном реестре селекционных достижений РФ, районированы и допущены к использованию по Северо-Кавказскому региону сорта риса Сонет, Соната, Привольный 4, Ивушка и Водопад. Эти сорта при возделывании в Краснодарской рисосеющей зоне стабильно показывают высокую урожайность, устойчивость к полеганию, осыпанию и пирикуляриозу, также имеют отличное качество крупы. Три андрогенных сорта риса в период 2019–2020 гг. были высеяны для проведения комплексной оценки в полевых условиях Китая на территории селекционной станции Ляонинского института риса (остров Хайнань в южной провинции). В результате двухлетних исследований отмечена вариабельность биологических и морфологических признаков растений испытуемых генотипов в зависимости от агроклиматических условий. В условиях Китая российские сорта Привольный-4, Соната и Сонет проявили себя как ценный селекционный материал, устойчивый к местной популяции фитопатогенного гриба на естественном инфекционном фоне.

Параллельно с полевой оценкой проводилось генотипирование DH линий и полученных на их основе сортов ДНК-анализом (микросателлитным) для проверки генетической однородности. Для сортов риса Сонет и Соната, полученных на основе удвоенных гаплоидов, выявлены профили 14 микросателлитных локусов ДНК. Результаты мультиплексного фрагментного анализа этих сортов по микросателлитным маркерам RM1, RM11 и RM122 показали, что изученные генотипы гомозиготны в исследованных локусах ДНК, что говорит об их генетической однородности. По результатам SSR-генотипирования на сорта Сонет и Соната получены ДНК-паспорта.

Прошла экспериментальную апробацию технология ускоренной селекции риса на длительную устойчивость к пирикуляриозу на основе современных методов фенотипирования, ДНК-генотипирования и экспериментальной гаплоидии, в ходе которой для ускорения селекционной схемы получены генетически стабильные удвоенные гаплоиды на основе F_1 и BC_1-растений от скрещивания российских и китайских сортообразцов с генами устойчивости к пирикуляриозу. Для проверки генетической однородности полученных удвоенных гаплоидов также проведено генотипирование ДНК (микросателлитным) анализом.

На основании анализа популяций удвоенных гаплоидов у растений отмечается широкий размах варьирования по признакам (элементам продуктивности, вегетационному периоду до цветения и созревания, высоте растений, форме и положению метелки, длине, ширине, площади флаг-листа, углу его отхождения от стебля, форме куста, устойчивости к полеганию и заболеваниям).

Семена всех выделившихся на основе комплексной оценки DH с заданными свойствами переданы для изучения и хранения в УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса, овощных и бахчевых культур» ФНЦ риса и включены в регулярно пополняемую коллекцию удвоенных гаплоидов. Они являются ценным исходным материалом для селекционных программ по созданию гетерозисных генотипов, холодостойких, солеустойчивых и устойчивых к пирикуляриозу форм риса.

Заключение. Результатом проведенных исследований стали эффективный лабораторный протокол культуры пыльников *in vitro* и схема ускоренного создания гомозиготных селекционных ресурсов риса за счет использования технологии гаметных клеток, молекулярного маркирования и методов классической селекции, оптимизированной для применения на селекционном материале коллекции ФНЦ риса, которая включает следующие этапы:

1. Оптимизация условий выращивания донорных растений.

2. Определение оптимальных сроков (фаза онтогенеза растений, время суток и т.д.) сбора эксплантов (метелки) с донорных растений.

3. Отработка наиболее эффективных вариантов стерилизации и температурной предобработки эксплантов.

4. Детализация состава искусственных питательных сред применительно к целевым генотипам риса для эффективной регенерации растений в условиях *in vitro*.

5. Массовое получение гаплоидов и DH риса на основе различных генетических источников (гетерозис, устойчивость к пирикуляриозу, солеустойчивость и холодостойкость).

6. Полевые испытания морфологической выравненности полученных андрогенных линий с последующим их размножением для получения семенного потомства с одновременным ДНК-анализом их генетической однородности (получение микросателлитных профилей).

7. Передача полученных ресурсов для включения в селекционные схемы в качестве прототипов сортов нового поколения, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков, с последующей государственной регистрацией (районирование) и выходом семян на внутренний рынок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамбург К. З., Рекославская Н. И., Швецов С. Г. Ауксины в культурах тканей и клеток растений. — Новосибирск : Наука, 1990. — С. 243.

2. Дитченко Т. И. Культура клеток, тканей и органов растений. — Минск : БГУ, 2007. — 102 с.

3. Митич Н., Додиг Д., Николич Р. и др. Влияние условий выращивания донорных растений на культуру незрелых зародышей, выделенных из широко распространенных генотипов пшеницы // Институт биологических исследований : сб. науч. тр. — Белград, Сербия, 2009. — Т. 56. — № 4. — С. 596–602.

4. Alché J. D., Castro A. J., Solymoss M., Timar I., Barnabas B., Rodríguez-García M. I. Cellular approach to the study of androgenesis in maize anthers: immunocytochemical evidence of the involvement of the ubiquitin degradative pathway in androgenesis induction // J. of plant physiology, 2000. — Vol. 156. — T. 2. — P. 146–155. URL: https://doi.org/10.1016/S0176–1617 (00) 80299–0.

5. Germana M. A. Anther culture for haploid and doubled haploid production // Plant cell tiss org cult., 2011. — Vol. 104. — P. 283–300.

6. Pickering, R. A. Haploid production: approaches and use in plant breeding / R. A. Pickering, P. Devaux / In: Barley: genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology. — Oxford, 1992. — P. 519–547.

7. Rukmini M., Gundimeda J., Narashima R., Ravi Nageswara R., Pankaj K. Development and characterization of elite doubled haploid lines from Two Indica Rice Hybrids // Rice Science, 2015. — Vol. 22. — № 6. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j. rsci. 2015.07.002.

8. Ssu-Wei H., Ming-Che L., Kuo-Chang Z., Co-Shine W. Identification of the tapetum/microspore-specific promoter of the pathogenesis-related 10 gene and its regulation in the anther of Lilium longiflorum // Plant Science, 2014. — Vol. 215–216. — P. 124–133. URL: https://doi.org/10.1016/j. plantsci. 2013.11.006.

9. Lapitan V. C., Redoña E. D., Abe T., Brar D. S. Molecular characterization and agronomic performance of DH lines from the F1 of indica and japonica cultivars of rice (Oryza sativa L.) // Field crops research, 2009. — Vol. 112. — T. 2–3. — P. 222–228. URL: https://doi.org/10.1016/j. fcr. 2009.03.008.

10. Wedzony M., Foster B. P., Zur I., Golemiec E., Szechynska-Hebda M., Dubas E., Gotebiowska G. Progress in doubled haploid technology in higher plants // Advanced in haploid production in higher plants. — SpringerScience + BusinessMedia B. V., 2009. — P. 1–35.

11. Weyen J., Touraev A., Foster B. P., Jain E. M. Barley and wheat doubled haploids in breeding // Advanced in haploid production in higher plants. — SpringerScience + BusinessMedia B. V., 2009. — P. 179–189.

УДК 582.734 (571.150)

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ В МАНЖЕТКЕ ОБЫКНОВЕННОЙ (*ALCHEMILLA VULGARIS L.*) В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Г. Г. Соколова, И. В. Бобина, Н. А. Ворошина

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены результаты исследования сезонной динамики содержания флавоноидов в надземной части манжетки обыкновенной, произрастающей в Алтайском и Ельцовском районах Алтайского края. Выявлены особенности накопления флавоноидов в манжетке обыкновенной в летний период времени с тенденцией максимального их накопления в июне-июле и дальнейшего снижения в августе. Отмечены различия в содержании флавоноидов в манжетке обыкновенной, произрастающей в разных местах обитания (суходольный луг, хвойный лес, лиственный лес). Даны рекомендации по сбору манжетки для дальнейшего использования ее при составлении травяных сборов и чаев.

Ключевые слова: манжетка обыкновенная, флавоноиды, рутин

Введение. Флавоноиды — это биологически активные вещества, содержащиеся в растениях, повышающие их устойчивость к низким температурам, участвующие в обеспечении иммунитета и резистентности к патогенным факторам, защищающие растения от травоядных животных и насекомых, играющие важную роль в аллелопатических и симбиотических взаимоотношениях, обеспечивающих привлечение насекомых-опылителей [15, 19]. Флавоноиды являются компонентами антиоксидантной системы, прерывающей реакции перекисного окисления липидов и предотвращающей последствия окислительного стресса для клеток. Флавоноиды регулируют окислительно-восстановительные процессы, регулируют активность рецепторов и ферментов, способствуют стабилизации клеточных мембран. Они участвуют в процессах ауксинового обмена, являются ингибиторами пероксидазы и стимуляторами роста [15, 19].

Разнообразие оттенков окрашенных частей растений (цветков и плодов) обусловлено комплексом антоцианов, флавонов, флавонолов, халконов и ауронов. Яркая окраска цветков помогает растениям привлекать насекомых-опылителей. Флавоноиды защищают растения от высокой инсоляции, участвуют в процессах фотосинтеза и окислительного фосфорилирования, в формировании симбиоза бобовых растений [15, 19].

Содержание флавоноидов меняется в зависимости от места произрастания и фазы развития. Абиотические факторы (свет, почва, влага, высота над уровнем моря и др.) также оказывают значительное влияние на накопление флавоноидов. Так, условия освещения индуцируют экспрессию генов ферментов, отвечающих за синтез флавоноидов. Фенольные соединения окисляются на свету, что приводит к более низкому содержанию флавоноидов в растениях, собранных в период более длинного светового дня [19, 21]. Избыток радиации и УФ-излучения, болезни стимулируют повышенный биосинтез полифенольных соединений. Больные растения содержат больше флавоноидов, чем здоровые [11]. В растениях, растущих в более освещенных местообитаниях, суммарное содержание флавоноидов выше, чем у растений, произрастающих в затененных условиях [7, 19].

Содержание флавоноидов у растений варьирует в зависимости от вида. Для накопления флавоноидов необходим оптимальный уровень освещения, различающийся у разных видов растений, а потому один и тот же уровень освещенности может привести как к повышению содержания флавоноидов, так и к его понижению [7, 19]. Характер освещенности и спектральный состав света может значительно влиять на состав накапливаемых растениями флавоноидов. Тепличные растения содержат меньше полифенолов, чем произрастающие в открытом грунте.

Содержание флавоноидов в надземной части растений может быть вызвано воздействием экстремальных температур, а также зависит от времени суток. Обнаружена прямая зависимость уровня влагообеспеченности растений и количества флавоноидов в листьях. На накопление флавоноидов

влияют химический состав и кислотность почвы, причем при произрастании на щелочных почвах у растений уменьшается содержание флавоноидов. Накопление флавоноидов растениями зависит от эдафических факторов среды. Наибольшую роль среди этих факторов играет обеспеченность растений минеральными элементами питания и водой. Синтез флавоноидов в растениях активизируется при дефиците азота и повышенном содержанием меди в почве [5, 8, 19, 12, 14, 21].

Флавоноиды накапливаются в растениях при действии определенных стресс-факторов. Например, содержание флавоноидов меняется в зависимости от степени антропогенного загрязнения окружающей среды. Техногенное загрязнение может приводить как к повышенному биосинтезу флавоноидов в растениях, так и к его подавлению.

Флавоноиды широко используются в медицине. Включению флавоноидов в рецептуры лекарственных препаратов способствует наличие у них диуретических, противовоспалительных, нейротропных, противовирусных, антимикробных, ранозаживляющих, антиоксидантных, ангиопротекторных свойств. Флавоноиды могут использоваться для профилактики нейродегенеративных заболеваний, метаболического синдрома, при лечении рака как вспомогательные препараты, для преодоления устойчивости к лекарственным препаратам, для защиты кожи от ультрафиолетового излучения [1, 6, 13].

Потребность в флавоноидсодержащих препаратах высока, и поэтому необходимо изучать новые источники сырья, среди которых важное место занимают растения из семейства розоцветных. Одним из широко распространенных видов розоцветных является манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.), которая широко распространена по всему миру и в том числе в Алтайском крае. Манжетка — перспективный источник флавоноидсодержащего сырья, так как встречается во многих местообитаниях, неприхотлива и может выращиваться как лекарственное сырье, но как сборный вид не включена в государственную фармакопею РФ.

Целью нашей работы явилось изучение динамики содержания флавоноидов в манжетке обыкновенной, растущей в различных местах обитания в Алтайском крае.

Материалы и методы. Манжетка обыкновенная — многолетнее травянистое растение с горизонтальным корневищем и розетками длинночерешковых, глубоко пальчато-расчлененных листьев с круглыми прилистниками. Цветки невзрачные, мелкие, обоеполые, в рыхлых цимозных соцветиях-клубочках, собранных в метельчатое или щитковидно-метельчатое соцветие. Является типичным мезофитом, факультативным гелиофитом, умеренно ацидофильным растением. Основные местообитания: суходольные и заливные луга, опушки, поляны, вырубки, пастбища, леса, заросли кустарников, у дорог и в парках, в садах, берега рек, ручьев, оврагов [10, 16].

Сбор растений манжетки осуществляли в 5 разных местах произрастания в двух районах Алтайского края — Ельцовском и Алтайском. Для извлечения флавоноидов использовали 70%-ный этиловый спирт. Определение суммы флавоноидов проводили на спектрофотометре марки SHIMADZU UV-1800, измеряя оптическую плотность полученного раствора при длинах волн 400 нм и 410 нм [3, 4]. Содержание флавоноидов определяли в пересчете на рутин.

Результаты и обсуждение. Рутин — основной флавоноид манжетки обыкновенной. Его содержание от общего количества флавоноидов составляет около 50%. Манжетка обыкновенная, произрастающая в разных регионах, отличается высоким варьированием содержания флавоноидов. Так, манжетка тринадцатилопастная, произрастающая на Северном Кавказе, содержит от 3,37 до 3,60% флавоноидов в пересчете на рутин, а манжетка твердая — от 1,26 до 1,30% флавоноидов в пересчете на рутин. В Юго-Восточной Европе (Сербия) в манжетке накапливается низкое содержание рутина — 1,3–1,5% [2, 4, 20].

Согласно мнению ряда исследователей [19, 20], более высокие температуры способствуют накоплению больших количеств флавоноидов.

Согласно другим исследованиям, проведенным в Пермском крае, содержание флавоноидов в манжетках колебалось в диапазоне от 2,14 до 4,81%; наименьшее содержание флавоноидов выявлено у манжетки Линдберга и манжетки коротколопастной (2,18%); наибольшее содержание — у манжетки сарматской (4,0%). В траве манжетки обыкновенной содержание флавоноидов колебалось от 2,18

до 5,48%. Данные томских исследователей свидетельствуют о том, что содержание флавоноидов в манжетке обыкновенной составляет в среднем от 4 до 8% [3, 11].

Содержание флавоноидов в разных частях манжетки обыкновенной также неодинаково. Так, листья содержат 3,0–5,0% флавоноидов; цветки — 2,0–3,8%; корни — 4,1–4,8%. По данным других исследователей, содержание флавоноидов в надземной части манжетки обыкновенной из разных местообитаний составляет от 4,0 до 8,1%, причем максимальное их количество отмечено в период бутонизации. Содержание флавоноидов во многих растениях зависит от активности пероксидазы, что может иметь приспособительное значение [3, 8, 9, 21].

Следовательно, условия произрастания оказывают существенное влияние на особенности накопления флавоноидов.

Анализ содержания флавоноидов в пересчете на рутин в манжетке обыкновенной, собранной на территории Алтайского края, выявил следующие закономерности. Содержание флавоноидов в манжетке обыкновенной варьировало от 5,20 до 9,08% (табл.). В пределах каждого из исследуемых районов содержание флавоноидов в растительном сырье также было неодинаковым.

В Ельцовском районе в манжетке, собранной на суходольном лугу, содержалось от 5,34 до 5,81% флавоноидов. Наибольшее содержание флавоноидов выявлено в манжетке в июне, минимальное — в августе. В динамике по месяцам отмечена тенденция снижения содержания флавоноидов от июня к августу на 0,19–0,33% (табл.).

Динамика содержания флавоноидов в манжетке обыкновенной в Алтайском крае

Место сбора	Содержание флавоноидов в пересчете на рутин по месяцам, %		
	июнь	июль	август
Ельцовский район			
Суходольный луг	5,53–5,81	5,48–5,65	5,34–5,48
Сосновый лес	6,27–6,28	5,84–5,90	5,85–6,13
Алтайский район			
Суходольный луг	6,23–7,20	7,08–7,20	9,05–9,08
Лиственничный лес	5,44–5,58	5,20–5,57	5,75–6,16
Ивняк	5,57–5,65	5,63–5,66	6,79–6,97

Манжетка, собранная в сосновом лесу, содержала от 5,84 до 6,28% флавоноидов. В динамике по месяцам также отмечена тенденция снижения содержания флавоноидов от июня к июлю-августу на 0,38–0,43% (табл.), причем содержание флавоноидов в манжетке обыкновенной в июле и в августе достоверно не отличались.

В целом содержание флавоноидов в манжетке, собранной в сосновом лесу, были достоверно выше по сравнению с манжеткой, растущей на суходольном лугу, что можно объяснить меньшими перепадами в лесном сообществе в течение летних месяцев влажности и температуры.

Растительное сырье манжетки обыкновенной, произрастающей в Алтайском районе, содержало от 5,20 до 9,08% флавоноидов. Наибольшее содержание флавоноидов отмечено в манжетке, растущей на суходольном лугу, наименьшее — в манжетке, растущей в лиственничном лесу. В динамике по месяцам отмечено увеличение содержания флавоноидов на 1,88–2,82%. Содержание флавоноидов в июне и июле достоверно не отличалось (см. табл.).

Манжетка, собранная на суходольном лугу, содержала от 6,23 до 9,08% флавоноидов, максимальное накопление флавоноидов отмечено в августе.

Манжетка, собранная в лиственничном лесу, содержала от 5,20 до 6,16% флавоноидов. Было отмечено увеличение содержания флавоноидов в августе на 0,55–0,59%. Содержание флавоноидов в июне и июле достоверно не различалось.

Манжетка, собранная в ивняке, содержала от 5,57 до 6,97% флавоноидов. В динамике по месяцам также выявлена тенденция увеличения содержания флавоноидов в августе на 1,22–1,32%. Достоверного различия между содержанием флавоноидов в сырье, собранном в июне и июле, отмечено не было.

Таким образом, общее содержание флавоноидов в манжетке обыкновенной в условиях Алтайского края коррелирует с условиями произрастания (в первую очередь с условиями освещения) и фазы развития, что подтверждается и приведенными выше литературными данными.

Выводы

1. Общее содержание флавоноидов в манжетке обыкновенной в Алтайском районе Алтайского края варьировало в диапазоне 5,20–9,08%. Максимальное количество флавоноидов содержалось в манжетке, растущей на суходольном лугу; минимальное — в манжетке, растущей в хвойном и лиственничном лесу.

2. Общее содержание флавоноидов в манжетке обыкновенной в Ельцовском районе Алтайского края варьировало от 5,34 до 6,28%. Максимальное количество флавоноидов содержалось в манжетке, растущей в сосновом лесу; минимальное — в манжетке, растущей на суходольном лугу.

3. Независимо от места произрастания для манжетки обыкновенной характерно увеличение содержания флавоноидов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азимова Ф. Ш., Абсалудинова М. Р. Перспективы использования растительных флавоноидов в медицине // Наука через призму времени, 2018. — № 6. — С. 212–214.

2. Айрапетян Э. Э. Фитохимичекий анализ травы манжетки твердой (*Alchemilla tredecimiloba* Buser) // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины. — Волгоград : Изд-во Волгоградского гос. ун-та, 2015. — С. 707–708.

3. Андреева В. Ю., Калинкина Г. И. Исследование химического состава надземной части манжетки обыкновенной *Alchemilla vulgaris* L. S. L. // Химия растительного сырья, 2000. — № 2. — С. 79–85.

4. Бабаян М. С., Леонова В. Н., Айрапетян Э. Э. Определение суммы флавоноидов в траве манжетки твердой *(Alchemilla durabuser)* // Современные проблемы науки и образования, 2015. — № 1. — С. 364–366.

5. Баширова Р. М., Ибрагимов Р. И., Мартынова В. А. и др. Влияние эдафических факторов на содержание флавоноидов в траве *Polygonum aviculare* L. // Вестник Башкирского ун-та, 2009. — Т. 14 — № 1. — С. 72–75.

6. Георгиевский В. П., Комиссаренко Н. Ф., Дмитрук С. Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. — Новосибирск : Наука, 1990. — 333 с.

7. Демина Г. В., Хазиев Р. Ш., Егорова Р. В. Особенности накопления и качественный состав флавоноидов в листьях и почках *Betula* L. // Ученые записки Казанского ун-та, 2013. — Т. 156. — № 3. — С. 155–161.

8. Живетьев М. А., Рудиковская Е. Г., Дударева Л. В. и др. Активность пероксидазы и содержание флавоноидов в листьях *Alchemilla subcrenata* (Rosaceae) // Растительные ресурсы, 2013. — Т. 49. — № 3. — С. 404–410.

9. Живетьев М. А., Рудиковская Е. Г. и др. Влияние сезонного понижения суточных температур на суточную адаптацию и динамику биологически активных веществ в листьях лекарственных растений // Известия ИГУ, 2013. — № 3 (1) — С. 3–8.

10. Кодочигова О. В. Экологические особенности микровидов манжетки (*Alchemilla* L.) Республики Марий Эл // Проблемы биологии растений. — СПб. : ТЕССА, 2006. — С. 78–83.

11. Корулькин Д. Ю., Абилов Ж. А., Музычкина Р. А., Толстиков Г. А. Природные флавоноиды. — Новосибирск : ГЕО, 2007. — 232 с.

12. Кузьмичева Н. А. Влияние климатических факторов на содержание флавоноидов в листьях пойменных видов ив *(Salix sp.)* // Вестник фармации, 2009. — № 4 (46). — С. 21–32.

13. Куркина А. В. Определение содержания суммы флавоноидов в плодах боярышника // Химико-фармацевтический журнал, 2014. — Т. 48. — № 12. — С. 27–30.

14. Ловкова М. Я., Бузук Г. Н. Лекарственные растения-концентраторы и сверхконцентраторы меди и ее роль в метаболизме этих видов // Прикладная биохимия и микробиология, 2011. — Т. 47. — № 2. — С. 209–216.

15. Макаренко О.А., Левицкий А.П. Физиологические функции флавоноидов в растениях // Физиология и биохимия культурных растений, 2013. — Т. 45. — № 2. — С. 100–112.

16. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. — Новосибирск : Наука, 1970. — 282 с.

17. Омариева Л.В., Рамазанов А.Ш. Зависимость накопления флавоноидов и кислоты аскорбиновой в плодах боярышника от условий произрастания // Вестник ДГУ, 2006. — № 4. — С. 121–125.

18. Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. — СПб. : ГИОРД, 2004. — 240 с.

19. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области. — Калининград: Изд-во Балтийского федерального гос. ун-та им. И. Канта, 2016. — 146 с.

20. Boroja T., Mihailović V., Katanić J.,. Pan S.-P, Nikles S., Imbimbo P., Monti D.M., Stanković N., Stanković M.S., Bauer R. The biological activities of roots and aerial parts of *Alchemilla vulgaris* L. // South African Journal of Botany, 2018. — Vol. 116. — P. 175–184.

21. Zhivetev M.A., Rudicovskaya E.G. etc. Dynamics of Vitamins and Phenols of *Alchemilla subcrenata* by Diurnal Variation of Temperature in October // Jornal of Stress Physiology & Biochemistry, 2016. — № 1. — P. 21–30.

УДК 582.682:615.322

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ МАЧКА ЖЕЛТОГО

Р.Г. Тухбатуллина, Л.И. Мотыгуллина

Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, Россия

Многолетнее травянистое растение мачок желтый (*Glaucium flavum*) является фармакопейным растением, используемым для получения ценного алкалоида глауцина. Для его извлечения необходимо достаточное количество сырья, которое должно быть в производственных масштабах. Но растение является краснокнижным, образует малые заросли на территории России, не способные обеспечить потребность в лекарственном сырье, поэтому получение сырья для извлечения глауцина является актуальной проблемой. На российский фармацевтический рынок доставляются только импортные препараты глауцина, изготовленные синтетическим и полусинтетическим способом. Нами предложен биотехнологический способ получения каллусной, затем суспензионной культуры мачка желтого, используемого в дальнейшем для извлечения из него алкалоида глауцина. В статье описан первый этап проведенных экспериментов получения каллусной культуры мачка желтого. Приведены методы стерилизации растительного материала, изучены температурные, физические факторы для активации роста семян и поддержания роста культуры клеток.

Ключевые слова: мачок желтый, каллусные и суспензионные культуры, технология культивирования *in vitro*, глауцин

Рынок противокашлевых лекарственных препаратов постоянно пополняется, однако изыскания по получению новых активных веществ из лекарственного растительного сырья всегда остаются актуальными. Одним из таких растений, оказывающим положительную динамику при лечении заболеваний дыхательных путей, является мачок желтый (*Glaucium flavum*), который является фармакопейным растением, возделываемым в культуре [8, 9, 15]. Надземная часть растения содержит изохинолиновые алкалоиды (до 3–4%), среди которых доминирующим является глауцин (около 1,8–2,0%) [6, 11, 13].

Достоинствами глауцина является безопасность его применения, поскольку он не оказывает подавляющего влияния на дыхательный центр, не замедляет моторику кишечника, не вызывает привыкания, пристрастия, зависимости, как алкалоид опиоидной группы кодеин, который тоже используется как противокашлевое лекарственное средство. Кодеин обладает наркотическим эффектом и подлежит предметно-количественному учету [10, 15]. Препараты из сырья мачка желтого в Российской Федерации не изготавливаются, их производят только за рубежом: это «Глаувент» (глауцина гидробромид) (Болгария), «Глауцина фосфат» (Македония), комбинированные препараты «Бронхолитин», «Бронхоцин» (Болгария). Но данные лекарственные средства производятся из глауцина, полученного синтетическим и полусинтетическим путем.

Предлагаемый нами биотехнологический способ получения глауцина из суспензионной культуры имеет преимущества: не требуется больших территорий для выращивания растения, не требуется затрат для поддержания роста растений и ручного труда ухода за плантацией, не влияют климатические условия. Инновационность технологии заключается в том, что из каллусной культуры с применением биореакторов будет получаться суспензионная культура мачка желтого, которая будет являться сырьем для получения глауцина. Внедрение растительных культур и тканей — перспективный метод получения биологически активных веществ, в том числе лекарственных. Преимущество биотехнологического производства глауцина состоит в получении экологически чистого сырья, экономической дешевизне и возможности сохранения биоразнообразия растительной флоры [1, 4, 5]. Аналогами технологии являются технология получения глауцина из лекарственного сырья мачка желтого, синтетический, полусинтетический методы. К недостаткам аналогов получения глауцина можно отнести следующие факторы: ограничение ресурса сырья — плантации используются только 3–4 года, после чего нужно засевать новые территории; наличие определенного климата; ручной труд; большие площади для плантации; малый выход метаболита (из 100 г травы получают только 1,02 г глауцина); использование органических растворителей, которые являются токсичными и наносят вред экологии и здоровью населения.

Существующий способ получения глауцина заключается в подщелачивании сырья надземной части мачка желтого гидратом окиси аммония, экстрагировании дихлорэтаном, фильтровании и реэкстрагирвоании 5%-ной хлористоводородной кислотой. Далее полученный раствор подвергают экстракции хлорофоромом, после чего хлороформную фазу сушат сульфатом натрия и упаривают. Остаток хроматографируют на окиси алюминия, из полученной фракции выделяют глауцин с выходом 1,56–2,01% [14]. Культура клеток и тканей растений *in vitro* мачка желтого является инновационным способом получения глауцина биотехнологическим методом, не описанным в научной литературе. Так, целью данной работы было введение растения мачка желтого в культуру *in vitro* для возможного его использования в качестве источника ценных соединений.

Для лабораторного эксперимента были использованы семена мачка желтого, выращенного в ботаническом саду университета на территории Республики Татарстан. Каждый этап для получения каллусной культуры мачка желтого включал в себя характерный вид работ (табл.).

Получение каллусной культуры мачка желтого

Этапы	Вид работ
1	Выбор экспланта
2	Выбор среды для проращивания семян
3	Выбор среды для роста каллусной культуры
4	Выбор способа стерилизации семян
5	Посев семян мачка желтого в среду для проращивания
6	Пересев полученных эксплантов в гармонизированные питательные среды для каллусогенеза
7	Нарастание каллусной массы
8	Пересев каллуса в свежие гармонизированные питательные среды для поддержания индукции каллуса

Для производства глауцина биотехнологическим методом была разработана технология получения каллусной культуры и суспензионной культуры мачка желтого с высоким содержанием глауцина — более 1,3%. Культура растительных тканей представляет собой важный раздел в фундаментальной науке и коммерческом применении. Во всех основных семействах наземных растений поврежденная ткань восстанавливается недифференцированными каллусными клетками. Эти каллусные клетки можно культивировать *in vitro* для биотехнологических применений. Практически любая часть растения может быть использована для получения каллусных культур. Эксплантаты, взятые из тканей растений, медленно вырастают *in vitro* в клеточную массу, которая варьируется от аморфной и бесцветной до бледно-коричневой, если они получены в стерильных условиях [1, 5, 14].

Так, впервые нами предпринята попытка разработки получения каллусной культуры из мачка желтого биотехнологическим методом. Для этого необходимо было выбрать первоначальный эксплант [2, 3, 7, 12]. Получить свежие листья, стебли и другие части взрослого растения было затруднительно в условиях российской зимы. По данной причине наш выбор остановился на семенах растения Glaucium flavum. В ходе дальнейшего наблюдения было замечено влияние соотношения времени сбора, времени созревания семян и условий сбора семян на их дальнейшую качественную и количественную всхожесть на искусственной питательной среде. Так, при позднем сборе, а также во время сбора семян в период дождей были получены неудовлетворительные результаты при посадке данных объектов на среду. Ни одна из использованных методик стерилизации семян перед посадкой не смогла предостеречь обсемененные семена от прорастания в них микроорганизмов. Поэтому необходимо уделять особое внимание правилам сбора материала для дальнейшего его культивирования на питательных средах: семена должны собираться в период созревания растения, в сухую солнечную погоду. В нашем эксперименте самый лучший результат по всхожести и росту семян на средах был показан именно с семенами, собранными с вышеперечисленными правилами. Также перед посевом семена не подвергали стратификации и дополнительной обработке для лучшей всхожести.

После этого семена были подвергнуты стерилизации. Многокомпонентная стерилизации включала в себя разные вещества, обладающие антибактериальной активностью. Были использованы спирт, белизна, антибактериальное мыло и др. Обычно каллусная культура получается классическим методом — путем помещения на гормональную питательную среду экспланта и дальнейшего поддержания роста получаемой каллусной культуры. Классический метод не дал ожидаемого результата. Поэтому нами был использован двухэтапный метод. На первом этапе простерилизованные семена проращивали несколькими методами: на безгормональных средах, использовали фильтровальную бумагу, агаризованную воду, а также питательную среду с различным содержанием макросолей и микромолей. На втором этапе экспланты помещали на гормональные агаризованные среды Мурасиге-Скуга (MS), Гамборга с различными комбинациями гормонов и солей. Проращивание семян растений и индукция каллусогенеза происходили в климатостате со специальным световым режимом, оборудованном светоустановками и сплитсистемой для поддержания необходимого микроклимата при температуре 24 °С.

В ходе эксперимента была выявлена также взаимосвязь времени проращивания семян и плотности агара. Более плотная среда способствовала позднему прорастанию. Семена начинали давать рост через 7–10 дней с момента посадки. Затем полученные ростки были пересажены на гормональные агаризованные питательные среды для каллусогенеза. Использовались различные комплексы и концентрации гормонов, таких как 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, 1-нафтилуксусная кислота, индолилуксусная кислота и другие. Большое значение имела концентрация кинетина для каллусогенеза. Для получения каллусной культуры были срезаны гипокотиль, семядоли и семядольные листья.

Использовались различные концентрации и разновидности фитогормонов. Индукция каллусогенеза шла достаточно медленно. Набухание эксплантов наблюдалось на 10–14 день с момента высадки. На 20 день наблюдалось начало роста каллуса в местах повреждения эксплантов. Каллус был получен на классической среде MS с различным процентным содержанием солей, агара и гормонов.

После получения каллусной культуры в дальнейшем нами планируется культивирование суспензионной культуры, которое будет проводиться в биореакторе в темноте при температуре 26–27 °С, при влажности 70–75%, при частоте оборотов шейкера 80–100 об/мин в полупроточном режиме объ-

емно-доливным способом. Суспензионная культура не потребует особых мер безопасности и условий хранения, за исключением поддержания жизнеспособности клеток путем добавления необходимых питательных веществ.

Заключение. Таким образом, нами были выращены объекты растения *Glaucium flavum in vitro* и получена каллусная культура мачка желтого, которая является первым этапом к получению суспензионной культуры мачка желтого и дальнейшего выделения из него глауцина.

Работа выполнена при финансовой поддержке НИР Фонда содействия инновациям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Badea C., Basu S. K. Impact of drought on plant proteome and metabolome. In: Proceedings of the UGC State Level Seminar on Emerging Trends in Contemporary Education: Implications for 21st Century; 2010 Apr 9; Howrah, India. — P. 104–120.

2. Bercu R., Fãgãras M., Jianu L., Gafta D., Akeroyd J. Anatomy of the Endangered PlantGlaucium flavumCr., Occurring on the Romanian Black Sea Littoral, 2006.

3. Bournine L., Bensalem S., Peixoto P., Gonzalez A., Maiza-Benabdesselam F., Bedjou F., Wauters J., Tits M., Frédérich M., Castronovo V. Revealing the anti-tumoral effect of Algerian Glaucium flavum roots against human cancer cells // Phytomedicine, 2013. — № 20. — P. 1211–1218.

4. Gamborg O. L., Miller R. A., Ojima K. Plant cell cultures. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells // Exp. Cell Res., 1968. — Vol. 50. — P. 151–158.

5. George E. F., Hall M. A., De Klerk G.-J. The Components of Plant Tissue Culture Media I: Macro- and Micro-Nutrients // Plant Propagation by Tissue Culture, 2008. — Vol. 1. — P. 65–113.

6. Jimenez V. M. Regulation of in vitro somatic embryogenesis with emphasis on the role of endogenous hormones // R. Bras. Fisiol. Veg., 2001. — № 13 (2). — P. 196–223.

7. Kapai V., Kapoor P., Rao I. In vitro propagation for conservation of rare and threatened plants of India — a review // Int J Biol Tech., 2010. — №. 1. — P. 1–14.

8. Murashige Y., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture // Physiol. Plant., 1962. — Vol. 15. — P. 473–497.

9. Peled B., Waisel У., Carmeli S. Alkaloid content in various chemoecotypes of Glaucium flavum from Israel // Phytochemistry, 1988. — Vol. 27 (4). — P. 1021–1034.

10. Scholar E. Glaucine // The Comprehensive Pharmacology Reference, 2007. — № 3. — P. 1–4.

11. Yang J. L., Zhao B., Seong E. S., Kim M. J., Kang W. H. et al. Callus induction and high-efficiency plant regeneration via somatic embryogenesis in Papaver nudicaule L. an ornamental medicinal plant, Plant Biotechnol. Rep., 2010. — № 4 (4). — P. 261–267.

12. Гумерова Е. А., Плотникова А. В., Шкильменская К. Р., Тухбатуллина Р. Г., Румянцева Н. И. Получение каллусных культур Glaucium flavum Crantz (Papaveraceae) // Биотехнология и общество в XXI в., 2015. — № 1. — С. 26–31.

13. Мотыгуллина Л. И., Тухбатуллина Р. Г. Glaucium flavum (Papaveraceae) — компонентный состав и биологическая активность (обзор) // Современные проблемы естественных наук и медицины : сб. ст. Всерос. научн. конф. с междун. уч. (Йошкар-Ола, 17–21 мая 2021 г.) / под ред. О. Л. Воскресенской, А. Е. Алябышевой. — Йошкар Ола : Марийский гос. ун-т, 2021. — Вып. 10. — С. 388–395.

14. Патент № 2259829, Российская Федерация, МПК A61K 31/4738, A61P 11/14, C07D 235/06. Способ получения (+) — глауцина гидрохлорида (варианты) / О. П. Шейченко, А. Г. Сережечкин, В. И. Шейченко, Г. Б. Лапа, О. Н. Толкачев, В. А. Быков, Т. А. Сокольская; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) — № 2003103083/15; заявл. 04.02.2003; опубл. 10.09.2005, Бюл. № 25–3 с. — С. 2.

15. Рожанец В. В. Мачок желтый (Glaucium flavum) // Наркология, 2004. — № 5. — С. 69–72.

УДК 582.682.4

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЧИСТОТЕЛА СОРТА БЕЛОСНЕЖНЫЙ В КАЛЛУСНУЮ КУЛЬТУРУ

Г. Х. Хамзина, Р. Г. Тухбатуллина

Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, Россия

Чистотел большой — многолетнее травянистое растение из семейства маковых, он содержит в себе большое количество алкалоидов, обладающих широким спектром биологической активности, начиная от местнораздражающего действия и заканчивая противораковой активностью. На сегодняшний день алкалоиды чистотела получают традиционным способом из интактных растений, что по сравнению с получением их из культур клеток является более затратным. В статье предлагается получать алкалоиды биотехнологическим методом из каллусной и суспензионной культуры.

Ключевые слова: *Chelidonium majus,* гомохелидонин, хелидонин, хелеритрин, дигидрохелеритрин, метоксихелидонин, сангвинарин, каллус

Чистотел большой (*Chelidonium majus*) — это травянистое, многолетнее, двудольное растение, которое относится к семейству маковые (Papaveraceae). В диком виде не образует зарослей, поэтому данное растение культивируют. Один из распространенных сортов этого растения — сорт Белоснежка.

Чистотел большой представляет собой растение высотой от 50 до 100 см с большим ветвистым стеблем. При надломе стебля выделяется млечный сок, окрашивающийся в оранжево-красный на воздухе. Листья чистотела трехлопастные, сверху зеленые, снизу сизоватые. Прикорневые листья черешковые глубокоперисторазделенные. Верхние листья сидячие. Цветки имеют золотистый цвет и собираются в зонтик. Плод чистотела — коробочка стручковидная, семена похожи на эйлосомы. Данное растение распространено в Европе, Средиземноморье, можно встретить даже в Америке. В России чистотел большой произрастает как сорняк повсеместно за исключением Арктики [1].

Химический состав растения многообразен. Трава, корни растения богаты алкалоидами (до 2%). В млечном соке содержится до 40% алкалоидов. Определены алкалоиды хелидонин, гомохелидонин, хелеритрин, дигидрохелеритрин, метоксихелидонин, сангвинарин и др. [2, 3]. Кроме них, в траве обнаружены дубильные вещества, белки, смолы, экстраактивные вещества, горечи. Сок растения содержит органические кислоты — яблочную, хелидоновую, янтарную, лимонную. Также определены флавоноиды [4], витамины А, С, сапонины. Семена содержат до 68% жирного масла и липазу. Эфирное масло чистотела содержит хамазулен, нерил бутаноат, борнилацетат, альфа-эпи-бизаболол и кариофиллен [5]. Растение концентрирует соли Cu, Zn, Mo, Se, Ag, Fe, B, K, Ca [6]. Содержание алкалоидов чистотела увеличивается в течение дня, что делает вечер наиболее подходящим для сбора урожая. В корнях они достигают 2–3%, а надземные части содержат до 1,5% алкалоидов [7].

Все части растения ядовиты. Действие алкалоидов сходно с действием алкалоидов мака. Такой алкалоид, как гомохелидонин, является судорожным ядом и обладает действием сильного местного анестетика, а алкалоид хелидонин сходен по строению с папаверином и морфином [8]. Алкалоид хелеритрин оказывает местнораздражающее действие, сангвинарин обладает кратковременным наркотическим действием, которое в дальнейшем переходит в развитие судорог, также этот алкалоид вызывает возбуждение перистальтики кишечника и секреции слюны, местнораздражающее действие с последующей анестезией. Протопин оказывает угнетение реактивности вегетативной нервной системы, а также тонизирует гладкую мускулатуру матки.

Одна из самых интересных особенностей чистотела, описанная учеными, — это его противораковая активность. По некоторым данным, хелидонин, гомохелидонин и метоксихелидонин являются митозными ядами [9, 10, 11]. По мнению ученых, в молекулах этих алкалоидов содержится стильбиламиновая группировка, придающая им антимитозную активность. В 1896 г. вышла статья Н. Н. Денисенко, в которой описываются результаты лечения злокачественных опухолей водной вытяжкой

из чистотела. Для этого применяли свежую вытяжку, представляющую собой тягучую массу темно-бурого цвета, маслянистую, с едва кисловатым запахом. Вытяжка применялась внутрь и наружно, путем смачивания раствором язвенных поверхностей и трещин раковых опухолей, а также впрыскивания в паренхиму опухоли. Улучшение самочувствия больных наблюдалось на 5–7 день от начала лечения и не наблюдалось токсического действия. Через некоторое время опухоль размягчалась, ее границы обосабливались, и опухоль вылуживалась, нагнаивалась. В это время уменьшали дозу препарата, что способствовало, по мнению автора, избавлению организмом от продуктов распада опухоли. При смазывании препарат не оказывал разрушающего действия. Впрыскивания оказывали сильную реакцию (боль, озноб, повышение температуры и т. п.), связанную с попаданием вытяжки в кровь. При введении вытяжки подкожно рядом с паренхимой опухоли таких реакций не наблюдалось, а опухоль по-прежнему нагнаивалась. Из этого автор делает заключение, что вытяжка является не только разъедающим ткань и прижигающим средством, но и обладает противораковой активностью [12]. М. Я. Калембером были описаны случаи лечения водным экстрактом чистотела рака шейки матки на последних стадиях [13]. А. Холодковский описал лечение больного раком пищевода экстрактом чистотела [14]. Н. И. Шмигельский описывал лечение экстрактом чистотела больного с рецидивом раковой опухоли. [15].

Исследователи описывали применение чистотела для лечения различных заболеваний. Например, применение чистотела для лечения папиллом и бородавок. Л. В. Земскова писала об успешном использовании чистотела для лечения папиллом у детей. Чистотел обладает общим действием на кожу, поэтому папилломы излечивались во всех местах, где не было применения мази. Такое применение чистотела на сегодняшний день является преобладающим.

Для производства алкалоидов в медицинских целях большинство фармацевтических предприятий на растительной основе выращивают растения традиционными способами. Они сажают их на ферме и извлекают лекарственные компоненты непосредственно из интактных растений, что полностью зависит от места выращивания и сезона сбора урожая [16].

Культура растительных клеток представлена как потенциальная альтернатива крупномасштабному производству алкалоидов за более короткое время и меньшее пространство, чем традиционные методы [17]. Более того, уже сообщалось о более высоком уровне их продукции различными лекарственными растениями через культуру клеток [18, 19].

Для лабораторного эксперимента были использованы семена чистотела большого, выращенного в ботаническом саду КГМУ на территории Республики Татарстан. Каждый этап для получения каллусной культуры включал в себя характерный вид работ.

1 этап. Выбор экспланта.

2 этап. Выбор среды для проращивания семян.

3 этап. Выбор среды для роста каллусной культуры.

4 этап. Выбор способа стерилизации семян.

5 этап. Посев семян в среду для проращивания.

6 этап. Пересев полученных эксплантов в гармонизированные питательные среды для каллусогенеза.

7 этап. Нарастание каллусной массы.

8 этап. Пересев каллуса в свежие гармонизированные питательные среды для поддержания индукции каллуса.

Выбор экспланта пал на семена растения чистотела большого сорта Белоснежка. Обычно каллусная культура получается классическим методом — путем помещения на гормональную питательную среду экспланта и дальнейшего поддержания роста получаемой каллусной культуры. Так как классический метод не дал желаемого результата, было принято решение использовать двухэтапный метод. На первом этапе семена помещаются на агаризированную воду и питательную среду с различным содержанием макросолей и микромолей. На втором этапе экспланты помещали на гормональную агаризованную среду. В качестве среды использовалась MS (Мурасиге-Скуга) с различными комбинациями гормонов и солей.

Перед посадкой семена прошли стерилизацию. Экспериментальным методом были выбраны оптимальные методы стерилизации, включающие в себя разные вещества, обладающие антибактериальной активностью. Проращивание семян растений и индукция каллусогенеза происходили в климатостате со специальным световым режимом, оборудованном светоустановками и сплитсистемой для поддержания необходимого микроклимата при температуре 24 °С.

В ходе эксперимента была выявлена также взаимосвязь времени проращивания семян от плотности агара. Более плотная среда способствовала позднему прорастанию. Семена начинали давать рост через 6 дней с момента посадки. После появления ростка с листьями последние использовались для получения каллуса на классической среде MS (Мурасиге-Скуга) с различным процентным содержанием солей, агара и гормонов. Появление каллуса наблюдалось на 16 день. Использовались различные концентрации и разновидности фитогормонов.

Таким образом, чистотел большой в настоящее время представляет интерес как источник алкалоидов и как объект для получения, создания ЛФ. Лабораторией биотехнологии Института фармации Казанского государственного медицинского университета была получена каллусная культура чистотела большого сорта Белоснежка, которая является первым этапом к получению суспензионной культуры и дальнейшего выделения из него алкалоидов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балицкий К. П. Воронцова А. Л. Лекарственные растения и рак. — М, 1982. — С. 57–58.

2. Чаликова Л., Оплеталь Л., Курфюрст М. и др. Соединения, ингибирующие ацетилхолинэстеразу и бутирилхолинэстеразу из Chelidonium majus (Papaveraceae) // Nat. Prod. Commun., 2010. — С. 1751–1754.

3. Zhang W. J., You X., Wang C. F. et al. Один новый алкалоид из Chelidonium majus L // Nat. Prod. Res., 2014. — P. 1873–1878.

4. Куркин В. А., Артамонова Е. С. Определение флавоноидов в траве чистотела большого // Фармация, 2007. — С. 10–12.

5. Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла Chelidonium majus (Papaveraceae) // Сибирский медицинский журнал, 2012. — С. 127–128.

6. Ловкова М. Я., Рабинович А. М. и др. Почему растения лечат. — М. : Наука, 1990.

7. Taborska E., Bochorakova H., Dostal J., Paulova H. Чистотел большой (Chelidonium majus L.) — обзор современных знаний. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7757387/ (дата обращения: 25.04.2021).

8. Томилин С. А. Лекарственные растения отечественной флоры, применяемые в народной медицине при болезнях печени и поджелудочного пузыря // Врач. Дело, 1951. — С. 103–117.

9. Letter H. Mitosegifte und ihre Beziehungen zur naturstoffen // Naturwissenscaften, 1942. — P. 34–40.

10. Letter H. Hemmstofe des Wachstums, insbesonders Metosegifte // Chem. Ztg., 1943. — P. 52–53.

11. Letter H. Albrecht M. Weitere Untersuchungen uber eine mitosegiftwirkung von alkaloiden // Z. Physiol. Chem., 1951. — P. 58–65.

12. Динисенко Н. Н. Дополнение к моему письму о лечении рака бородавником или чистотелом (Ghelidonium majus) // Врач, 1896. — С. 950–953.

13. Кельбер М. Я. Несколько наблюдений над действием вытяжки бородавника при раке влагалищной части матки // Врач, 1896. — С. 1299–1301.

14. Холодковский А. К вопросу о лечении рака бородавником // Врач, 1896. — С. 1383.

15. Шмигельсктй Н. Н. О лечении рака экстрактом Chelidonii majus // Воен. мед. журн., 1896.

16. Moscatiello R., Балдан Б., Навазио Л. Культуры суспензий растительных клеток // Методы молекулярной биологии, 2013. — Т. 953. — С. 297.

17. Gabotti D., Локателли Ф., Cusano E., Baldoni E. et al. Клеточные суспензии Cannabis sativa (var. Futura): влияние выявления метаболитов на содержание метаболитов и антиоксидантную активность // Molecules, 2019. — № 24. — С. 4056.

18. Скалицкий М., Kubes J., Hejnak V., Тумова Л. и др. Продукция изофлавонов и возможный механизм их экссудации в суспензионной культуре Genista tinctoria L. после обработки соединениями ванадия // Molecules, 2011. — № 23. — С. 1619.

УДК 633.791:581.16

ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ ХМЕЛЯ

Л. П. Хлебова, Е. С. Бровко

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Интенсификация хмелеводства и возрастающая потребность в качественном посадочном материале высокопродуктивных сортов хмеля требуют оптимизации способа их производства. Клональное микроразмножение *in vitro* позволяет получать саженцы, свободные от вирусных и вироидных инфекций, в коммерчески значимых объемах. Целью исследования явилось изучение влияния концентрации различных источников углерода в питательной среде на эффективность инициации и развития первичной асептической культуры трех сортов хмеля (*Marynka*, *Spalter Select* и *Taurus*). В качестве эксплантов использовали узловые сегменты длиной до 2 см. Культивирование проводили на питательной среде Мурасиге-Скуга, дополненной 2 мг/л БАП и 1 мг/л $ГК_3$. Источник углерода — глюкоза либо сахароза в концентрациях 20, 30 и 40 г/л. Установлено, что наиболее эффективным является добавление в питательную среду глюкозы в концентрации 20 г/л, что обеспечивает жизнеспособность стерильных эксплантов в пределах 65–88%. Коэффициент размножения (число узлов / эксплант) в 0-м пассаже варьировал в зависимости от генотипа от 3,1 до 5,6. Увеличение дозы глюкозы до 40 г/л снижало количество междоузлий у формирующихся побегов на 56–68%. Наиболее выраженный ингибирующий эффект на развитие узловых эксплантов оказала сахароза, независимо от использованной концентрации.

Ключевые слова: хмель, сорт, клональное микроразмножение, питательная среда, сахароза, глюкоза, жизнеспособность, коэффициент размножения

Введение. Хмель (*Humulus lupulus* L.) широко культивируется в умеренных зонах различных континентов преимущественно из-за его женских соцветий (обычно называемых «шишками»), которые используются в пивоваренной промышленности для придания пиву горечи, аромата и вкуса. До применения в пивоварении хмель традиционно использовали в качестве лечебных трав, в основном для лечения нарушений сна как мягкое седативное средство, а также для активации желудочных функций [14, 28].

В настоящее время на пивоваренную промышленность приходится 98% мирового потребления хмеля [11]. Масляные фракции и экстракты хмеля используют в качестве ароматизаторов в безалкогольных напитках и пищевых продуктах. Рассматривается возможность получения из стеблей хмеля прочных волокон для производства печатной и оберточной бумаги, картона [2]. Хмель используют в декоративном садоводстве для вертикального озеленения, а его ароматические свойства применяют в парфюмерном производстве, а также для выращивания в некоторых странах в качестве парниковой культуры для приготовления салатов. Кроме того, установлено, что по общему содержанию питательных веществ вегетативная масса хмеля приравнивается к веточному корму лиственных пород. Ее рекомендуется перерабатывать на муку, гранулы или силосовать с другими кормовыми культурами, имеющими высокую влажность и достаточное количество углеводов, скармливать жвачным животным [3, 6].

В хмеле идентифицировано более 1000 химических соединений [10], основные структурные классы которых включают терпены, горькие кислоты и халконы. Сотни терпеноидных соединений, обнаруженных в эфирном масле хмеля, составляют 0,3–1,0% от веса стробилы. Горькие кислоты составляют 5–20% от веса стробилы и присутствуют в шишках хмеля в виде сложной смеси переменного состава и концентраций в зависимости от сорта и условий выращивания. Они классифицируются как α-кислоты и β-кислоты. Самая важная фракция смол хмеля — горькие α-кислоты, придающие основную горечь пиву. Они секретируются лупулиновыми железами шишек хмеля в виде желтого порошка и представляют собой смесь 6 аналогов гумулона, которые можно найти во всех сортах хме-

ля, основными из которых являются гумулон (35–70% от общего количества α-кислот), когумулон (20–55%) и адгумулон (10–15%) [9]. Кроме того, шишки хмеля содержат небольшие количества постгумулона, прегумулона и адпрегумулона [10, 27]. Установлено, что α-кислоты играют важную роль в повышении биологической стойкости пива [4, 20]. Сухие шишки хмеля также содержат 4–14% полифенолов, в основном фенольных кислот, пренилированных халконов, флавоноидов, катехинов и проантоцианидинов [12].

Интенсификация хмелеводства и увеличение объемов выращивания саженцев высокопродуктивных сортов требуют выбора оптимального способа производства посадочного материала. В производстве хмель размножают вегетативно через укоренение разных частей материнского растения: стеблевыми черенками — отрезками надземной части стебля, корневищными черенками — отрезками подземной части бокового корневища с одной или более парами глазков с почками [5]. Современным методом размножения данной культуры является клональное микроразмножение *in vitro*, которое позволяет получать большое количество саженцев от одного растения [1, 13, 17, 19]. Кроме того, данный метод применяют для оздоровления посадочного материала от вирусов и вироидов [7].

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния концентрации различных источников углерода в питательной среде на эффективность инициации первичной асептической культуры коммерческих сортов хмеля.

Материалы и методы. Исходным материалом для введения в культуру *in vitro* служили три сорта хмеля: *Taurus*, *Spalter Select*, *Marynka*. Донорные растения выращивали в контейнерах объемом 2–3 л из корневищных черенков — отрезков подземной части бокового корневища с одной или двумя парами глазков с почками. В качестве эксплантов использовали узловые сегменты длиной до 2 см, стерилизацию которых проводили путем погружения в 70%-ный этанол на 1 мин с последующим переносом в 30%-ный пероксид водорода на 10 мин. Экспланты помещали на полутвердую питательную среду Мурасиге-Скуга (МС) [16], дополненную 2 мг/л БАП и 1 мг/л $ГК_3$. Источником углерода служила глюкоза либо сахароза в концентрациях 20–40 г/л. Повторность — трехкратная. Условия культивирования включали температуру 23±2 °С, 16-часовой фотопериод, освещенность 2,5–3 тыс. лк и относительную влажность 55–60%.

Исследование выполнено в Алтайском центре прикладной биотехнологии Алтайского государственного университета в 2021 г.

Результаты и обсуждение. Источник углерода является одним из необходимых компонентов питательных сред при культивировании клеточных и тканевых культур *in vitro*. Согласно литературным данным, для культур хмеля использовали разные сахара в различных концентрациях. Глюкозу или сахарозу добавляли в среду в диапазоне от 15 до 90 г/л. Сахарозу применяли при выращивании суспензионных культур хмеля [15, 26], глюкозу — для регенерации побегов путем прямого органогенеза [1, 18, 21], непрямого органогенеза [8] и культивирования каллусных и нодулярных культур [23, 25], а также в культуре апикальных меристем [24]. Протоколы с использованием мальтозы для индукции каллуса у различных сортов хмеля (40 г/л) были описаны J. Sustar-Vozlié с соавт. [22] и для прямой регенерации побегов из пазушных почек (30 г/л) — I. Smykalova с соавт. [21].

Результаты нашего эксперимента представлены в таблицах 1 и 2. На развитие асептических эксплантов хмеля при введении в культуру *in vitro* существенное влияние оказывали как тип использованного углевода, так и его концентрация. Максимальный результат получен у всех испытанных генотипов при добавлении в питательную среду МС 20 г/л глюкозы (табл. 1).

Таблица 1

Влияние источника углерода на жизнеспособность стерильных эксплантов при введении в культуру *in vitro* различных сортов хмеля,%

Сорт	Сахароза, г/л			Глюкоза, г/л		
	20	30	40	20	30	40
Taurus	74	65	32	88	80	63
Spalter Select	49	32	18	71	69	45
Marynka	44	31	19	65	53	42
$НСР_{0,05}$	0,3	0,5	0,3	0,6	12	9

Жизнеспособность эксплантов составила 65, 71 и 88% для сортов *Marynka*, *Spalter Select* и *Taurus* соответственно. Увеличение дозы глюкозы до 40 г/л приводило к снижению выхода числа инициированных побегов у разных образцов на 28–37%. Использование сахарозы на данном этапе клонального микроразмножения хмеля оказалось менее эффективным, обусловливая существенно более низкую жизнеспособность эксплантов. При повышении концентрации до 40 г/л наблюдали снижение результата до 75% (сорт *Spalter Select*) относительно лучшего варианта (2% глюкоза).

При использовании в качестве эксплантов хмеля узловых черенков развитие стеблей с несколькими междоузлиями происходило уже в 0-м пассаже, позволяя оценить уровень микроразмножения на данном этапе (табл. 2).

Таблица 2

Влияние источника углерода на коэффициент размножения хмеля в культуре *in vitro* (0-й пассаж, количество узлов с двумя почками)

Сорт	Сахароза, г/л			Глюкоза, г/л		
	20	30	40	20	30	40
Taurus	2,4	2,2	1,6	5,6	4,1	2,4
Spalter Select	1,9	1,1	1,0	3,9	2,5	1,7
Marynka	1,2	1,6	1,0	3,1	2,0	1,0
$НСР_{0,05}$	0,3	0,5	0,3	0,6	0,4	0,4

Аналогично предыдущему показателю наибольший эффект на формирование побегов *in vitro* у изученных сортов хмеля был установлен при использовании глюкозы в дозе 20 г/л. Коэффициент размножения варьировал в зависимости от генотипа от 3,1 до 5,6. Увеличение дозы глюкозы до 40 г/л снижало количество междоузлий у формирующихся побегов на 56–68%. Наиболее выраженный ингибирующий эффект на развитие узловых эксплантов оказала сахароза, независимо от использованной концентрации. Так, например, для сорта *Taurus* коэффициент размножения снизился в 2,3; 2,5 и 3,5 раза при дозах 20, 30 и 40 г/л соответственно. Снижение количества междоузлий у чешских сортов хмеля наблюдали также I. Smykalova с коллегами при повышении дозы глюкозы до 45 г/л по сравнению с 30 г/л. При замене традиционно используемого агара в питательной среде на смесь картофельного крахмала и Gelrite авторы рекомендуют снизить концентрацию глюкозы до 15 г/л [21].

Заключение. При использовании в качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* узловых черенков сортового хмеля наиболее эффективным является добавление в питательную среду глюкозы в концентрации 20 г/л. Указанный источник углерода обеспечивал жизнеспособность эксплантов в пределах 65–88% для изученных сортов. Коэффициент размножения в 0-м пассаже варьировал в зависимости от генотипа от 3,1 до 5,6. Увеличение дозы глюкозы до 40 г/л снижало количество междоузлий у формирующихся побегов на 56–68%. Наиболее выраженный ингибирующий эффект на развитие узловых эксплантов оказала сахароза, независимо от использованной концентрации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Управления Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям (Соглашение № 3 от 14.04.2021).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гашенко О. А., Кастрицкая М. С., Кухарчик Н. В. Микроразмножение сортов хмеля в культуре *in vitro* // Субтропическое и декоративное садоводство, 2019. — № 68. — С. 111–118.

2. Куровский Е. П. Экономика производства хмеля. — Киев : Урожай, 1985. — 88 с.

3. Куровський И. П., Зіновчук В. В. Хміль // Технічні культур. — Київ, 1982. — С. 113–145.

4. Ляшенко Н. И. Биохимия хмеля и хмелепродуктов. — Житомир : Полисся, 2002. — 388 с.

5. Милоста Г. М., Лапа В. В. Агробиологические основы выращивания хмеля в Республике Беларусь. — Гродно : ГГАУ, 2010. — 286 с.

6. Рабинович А. М. Хмель обыкновенный // Сад и огород, 2001. — № 5. — С. 58–59.

7. Adams A. N. Elimination of viruses from the hop (*Humulus lupulus*) by heat and meristem culture // J. Hort. Sci., 1975. — Vol. 50. — P. 151–160.

8. Batista D., Sousa M. J., Pais M. S. Plant regeneration from shoot and petiole-derived callus of *Humulus lupulus* L. (hop) clone Braganfa and var. Brewer's Gold // In Vitro Cell. Develop. Biol., 1996. — Vol. 32. — P. 37–41.

9. Briggs D. E., Boulton C. A., Brookes P. A., Stevens R. C. Brewing science and practice. — London : CRC Press, 2004. — 900 p.

10. Chadwick L. R., PaulI G. F., Farnsworth N. R. The pharmacognosy of *Humulus lupulus* L. (hops) with an emphasis on estrogenic properties // Phytomedicine, 2006. — Vol. 13. — P. 119–131.

11. Faragó J., Pšenáková I., Faragová N. The use of biotechnology in hop (*Humulus lupulus* L.) improvement // Nova Biotechnologica, 2009. — Vol. 9–3. — P. 279–293.

12. Gerhäuser C. Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents // Eur. J. Cancer, 2005. — Vol. 41. — P. 1941–1954.

13. Gurriarán M. J., Revilla M. A., Tamés R. S. Adventitious shoot regeneration in cultures of *Humulus lupulus* L. (Hop) cvs. Brewers Gold and Nugget // Plant Cell Rep., 1999. — Vol. 18. — P. 1007–1011.

14. Koetter U., Biendl M. Hops (*Humulus lupulus*): A review of its historic and medicinal uses // HerbalGram, 2010. — Vol. 87. — P. 44–57.

15. Langezaal C. R., Scheffer J. J. C. Initiation and growth characterisation of some hop cell suspension cultures // Plant Cell Tissue Organ Cult, 1992. — Vol. 30. — P. 159–164.

16. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // Physiol Plant, 1962. — Vol. 15 (2). — P. 473–497.

17. Popov V. I., Vysotskii V. A., Tuktagulov I. M. Conditions of cultivation of isolated hop apices for clonal micropropagation // Fiziol. Rast., 1985. — Vol. 32. — P. 1191–1195.

18. Rakouský S., Matoušek J. Direct organogenesis in hop — a prerequisite for application of *A. tumefaciens*-mediated transformation // Biol. Plant., 1994. — Vol. 36. — P. 191–200.

19. Roy A. T., Leggett G., Koutoulis A. Development of a shoot multiplication system for hop *Humulus lupulus* L. // In vitro Cell. Dev. Biol. — Plant, 2001. — Vol. 37 (1). — P. 79–83.

20. Smith R. J., Davidson D., Wilson R. J. H. Natural foam stabilizing and bittering compounds derived from hops // J Am Soc Brew Chem, 1998. — Vol. 56 (2). — P. 52–57.

21. Smýkalová I., Ortová M., Lipavská H., Patza J. Efficient in vitro micropropagation and regeneration of *Humulus lupulus* on low sugar, starch-Gelrite media // Biologia Plantarum, 2001. — Vol. 44 (1). — P. 7–12.

22. Sustar-Vozlié J., Bohanec B., Javornik B. Hop callus culture and attempts of shoot regeneration // Proceedings of IPBA, Rogla, 1996. — Rogla, 1996. — P. 57–63.

23. Svoboda P. Callus culture of hop // Rostl. Výr., 1992. — Vol. 37. — P. 643–648.

24. Svoboda P. Culture isolated from shoot apex of hop (*Humulus lupulus* L.) in vitro // Rostl. Výr., 1992. — Vol. 38. — P. 523–528.

25. Svoboda P. Tissue culture of hop // Rostl. Výr., 1992. — Vol. 38. — P. 107–112.

26. Trevisan M. T. S., Scheffer J. J. C., Verpoorte R. Effect of elicitation on the peroxidase activity in merishoot cell suspension cultures of hop, *Humulus lupulus* // Plant Cell Tissue Organ Cult, 1997. — Vol. 48. — P. 121–126.

27. Verzele M., De Keukeleire D. Developments in food science: Chemistry and analysis of hop and beer bitter acids. — Amsterdam : Elsevier, 1991. — 417 p.

28. Zanoli P., ZavattI M. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. // J. Ethnopharmacol., 2008. — Vol. 116. — P. 383–396.

УДК 633.791:631.527

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО

Л. П. Хлебова, Е. С. Бровко, О. Н. Мироненко

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.) является обязательным и незаменимым сырьем для пивоварения, придающим напитку характерный аромат и привкус хмелевой горечи. Восстановление промышленных плантаций хмеля в Российской Федерации требует значительного объема посадочного материала, создание которого может быть облегчено применением современных биотехнологий. Использование клонального микроразмножения *in vitro* позволяет получать несколько тысяч оздоровленных растений в течение года. Целью настоящего исследования являлся подбор оптимального режима стерилизации эксплантов различных сортов хмеля, обеспечивающего их высокую жизнеспособность на этапе введения в культуру *in vitro*. В качестве эксплантов использовали черенки молодых побегов трех сортов хмеля: *Taurus*, *Spalter Select*, *Marynka*. Показано, что наиболее эффективной схемой стерилизации черенков является последовательное промывание материала в течение часа в проточной воде, выдерживание 30 мин в мыльном растворе с последующим ополаскиванием дистиллированной водой, погружение на 30–60 сек. в 70%-ный этанол, стерилизация в 30%-ном растворе пероксида водорода или 2%-ном лизоформине-3000 в течение 10 мин. Предложенный протокол позволяет получать 92–95% асептических эксплантов, жизнеспособность которых составляет 60–88% в зависимости от генотипа сорта.

Ключевые слова: хмель обыкновенный, микроразмножение *in vitro*, эксплант, стерилизующий агент, асептическая культура

Введение. Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.) — двудомное многолетнее ветроопыляемое растение, которое ежегодно ранней весной дает новые побеги, отрастающие из почек возобновления, расположенных на поверхности корневища. Вьющаяся лоза вырастает до 6–9 м в длину, обвиваясь вокруг своей опоры по часовой стрелке, и осенью отмирает, завершая свой жизненный цикл. Мужские соцветия хмеля представляют собой поникшую кисть длиной 7–14 см, состоящую из мелких зеленовато-желтых цветков, а женские — короткие конусовидные длиной 2,5–5,5 см, состоящие из перекрывающихся плоских перепончатых прицветников [1, 7]. Плоды хмеля имеют вид ярких зеленых шишек, у основания прицветников которых расположены лупулиновые железы, выделяющие смолистое вещество, известное как лупулин. Ценность хмеля как сырья для пивоварения обусловлена наличием специфических горьких веществ (общих смол), полифенольных соединений и эфирных масел, которые придают пиву характерный хмелевой аромат, особый горький вкус, усиливают брожение, повышают стойкость готового пива против прокисания, способствуют пеностойкости и прозрачности [4, 6, 8, 16, 18]. В каждую из этих групп веществ входит большое число компонентов, сложных по своей химической природе. Все попытки ученых найти замену хмелю в пивоварении не принесли результатов.

В настоящее время российский рынок хмеля на 90% формируется импортными поставками, что определяет необходимость создания отечественного импортозамещающего производства хмелепродуктов для обеспечения пивоваренной отрасли качественным и недорогим сырьем. В свою очередь, развитие хмелеводства требует оптимального выбора способа производства посадочного материала культуры, создание которого может быть облегчено применением биотехнологических методов [5, 9, 10, 12, 14, 15, 17]. В частности, использование клонального микроразмножения позволяет получать несколько тысяч оздоровленных растений в течение года [2, 11].

Цель настоящего исследования — подбор оптимального режима стерилизации эксплантов различных сортов хмеля, обеспечивающего их высокую жизнеспособность на этапе введения в культуру *in vitro*.

Материалы и методы. Исходным материалом служили три сорта хмеля: *Taurus*, *Spalter Select*, *Marynka*. Материнские растения выращивали в условиях искусственного климата. В качестве эксплантов использовали двухпочковые черенки молодых побегов длиной 15–20 мм. Предварительный этап подготовки материала включал последовательное промывание черенков в течение часа в проточной воде, 30-минутное выдерживание в мыльном растворе с последующим ополаскиванием дистиллированной водой, погружение на 30–60 с в 70%-ный этанол. Далее изучали несколько схем стерилизации с использованием 2–5%-ного лизоформина-3000 и 30–35%-ного пероксида водорода. Время экспозиции эксплантов для каждого раствора составляло 10 и 15 мин. Приготовление и стерилизацию питательных сред для инициации первичной асептической культуры хмеля проводили согласно общепринятым методикам. В качестве базовой использовали среду Мурасиге-Скуга [13], дополненную 2 мг/л БАП и 1 мг/л ГК3. Источником углерода служила глюкоза в концентрациях 20 г/л. Культивирование эксплантов проводили в культивационном помещении при температуре 23±2 °С, 16-часовом фотопериоде, освещенности 2,5–3 тыс. лк и относительной влажности 55–60%. В процессе культивирования оценивали количество инфицированных и жизнеспособных эксплантов.

Исследование выполнено в Алтайском центре прикладной биотехнологии Алтайского государственного университета в 2021 г.

Результаты и обсуждение. Одним из ключевых моментов на этапе введения растений в культуру *in vitro* является подбор концентрации и экспозиции используемого стерилизующего агента, обеспечивающего получение стерильных жизнеспособных побегов [3, 5]. Нами были изучены 4 схемы деконтаминации эксплантов, каждая из которых различалась временем выдерживания материала в основном стерилизующем растворе (рис. 1). При этом каждой из рассматриваемых схем предшествовала предварительная обработка эксплантов 70%-ным этанолом в течение 1 мин.

Выход асептического материала изученных сортов хмеля варьировал от 92 до 100% в зависимости от используемого антисептика и продолжительности его воздействия. Максимум стерильных эксплантов (99–100%) у всех генотипов наблюдали при 15-минутной обработке 35%-ным пероксидом водорода.

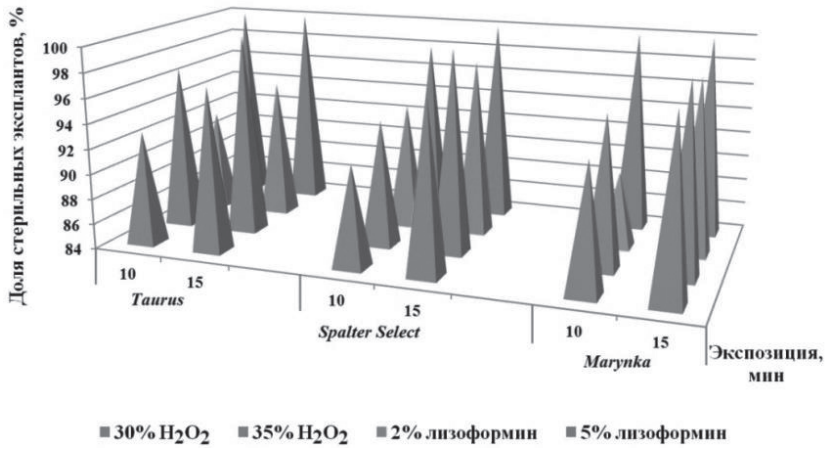


Рис. 1. Выход асептического материала при использовании разных режимов стерилизации эксплантов сортового хмеля

Для двух сортов (*Marynka* и *Taurus*) абсолютный результат был получен при стерилизации черенков 5%-ным лизоформином-3000. Снижение концентрации стерилизующего агента либо времени экспозиции повышали уровень инфицированности эксплантов на 5–8%.

Через 7–10 дней культивирования мини-черенков *in vitro* в условиях фотопериода происходила инициация развития пазушных меристем. Жизнеспособность асептических эксплантов в культуре *in vitro* существенно различалась при использовании различных схем деконтаминации в зависимости от генотипа, варьируя от 20 до 88% (рис. 2).

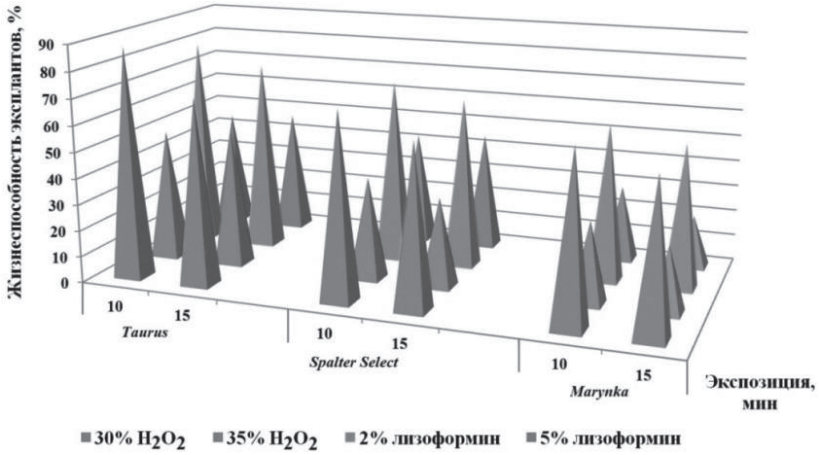


Рис. 2. Жизнеспособность эксплантов различных сортов хмеля при использовании разных режимов стерилизации

Высокий уровень некроза пазушных почек отмечен при воздействии более высоких концентраций обоих антисептиков. Так, например, использование хлорсодержащего агента лизоформин-3000 в концентрации 5% приводило к гибели 71–80% стерильных эксплантов сорта *Marynka* и более половины черенков сортов *Taurus* и *Spalter Select*. Схема деконтаминации, включающая 35%-ный пероксид водорода, была весьма эффективной с точки зрения асептики, но обеспечивала весьма низкую жизнеспособность материала. В результате развитие побегов *in vitro* наблюдали лишь у 25–31 и 34–39% эксплантов *Marynka* и *Spalter Select* соответственно.

Наиболее благоприятной оказалась на данном этапе клонального микроразмножения хмеля обработка исходного материала в течение 10 мин. 30%-ным раствором H_2O_2 либо 2%-ным раствором лизоформина-3000. Максимальный результат получен для сорта *Taurus*. Отзывчивость асептических эксплантов при введении в культуру *in vitro* составила соответственно 88 и 80%. Доля жизнеспособных черенков сорта *Marynka* была минимальной, что, вероятно, связано с генотипическими особенностями данного образца. Тем не менее нам удалось инициировать развитие 60–65% стерильных эксплантов, что в 2–3 раза превышало результативность использования более концентрированных растворов. Статистически значимое влияние генотипа сорта культурного хмеля на жизнеспособность различных эксплантов в процессе инициации первичной культуры *in vitro* отмечено в ряде работ [3, 5, 12]. Изменчивость признака у разных сортов варьировала от 66 до 98% [3].

Заключение. При использовании в качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* двухпочковых черенков сортового хмеля наиболее эффективной является схема деконтаминации, включающая последовательное промывание материала в течение часа в проточной воде, выдерживание 30 мин в мыльном растворе с последующим ополаскиванием дистиллированной водой, погружение на 30–60 с в 70%-ный этанол, стерилизация в течение 10 мин. в 30%-ном растворе пероксида водорода либо 2%-ном растворе лизоформина-3000.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Управления Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям (Соглашение № 3 от 14.04.2021).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров Н. А., Крылова М. И., Рупошев А. Р. Хмель. — М. : Росагропромиздат, 1991. — 128 с.

2. Гашенко О. А., Кастрицкая М. С., Колбанова Е. В. и др. Получение оздоровленного посадочного материала хмеля // Биотехнологические приемы в сохранении биоразнообразия и селекции растений : мат-лы междунар. науч. конф., 18–20 августа 2014 г., Минск. — Минск, 2014. — С. 75–78.

3. Гашенко О. А., Кастрицкая М. С., Кухарчик Н. В. Микроразмножение сортов хмеля в культуре in vitro // Субтропическое и декоративное садоводство, 2019. — № 68. — С. 111–118.

4. Ежов И. С. Хмель и его использование. — Киев : Урожай, 1990. — 335 с.

5. Кастрицкая М. С., Кухарчик Н. В., Гашенко О. А. Микроразмножение сортов хмеля in vitro // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер.: Аграр. навук, 2014. — № 2. — С. 75–80.

6. Ляшенко Н. И., Михайлов Н. Г., Рудык Р. И. Физиология и биохимия хмеля. — Житомир : Полисся, 2004. — 408 с.

7. Милоста Г. М., Лапа В. В. Агробиологические основы выращивания хмеля в Республике Беларусь. — Гродно : ГГАУ, 2010. — 286 с.

8. Христюк А. В., Касьянов Г. И. Хмель в пивоварении // Пиво и напитки, 2007. — № 1. — С. 10–12.

9. Batista D., Ascensao L., Sousa M. J., Pais M. S. Adventitious shoot mass production of hop (*Humulus lupulus* L.) var. Eroica in liquid medium from organogenic nodule cultures // Plant Science, 2000. — Vol. 151. — P. 47–57.

10. Faragó J., Pšenáková I., Faragová N. The use of biotechnology in hop (*Humulus lupulus* L.) improvement // Nova Biotechnologica, 2009. — Vol. 279. — P. 9–3.

11. Kubo S., Kagami Y.; Nonaka K. Culture of stem tips of the hop and elimination of virus symptoms // Rep. Res. Lab. Kirin Brewing, 1975. — Vol. 18. — P. 55–62.

12. Mafakheri M., Hamidoghli Y. Micropropagation of hop (*Humulus lupulus* L.) via shoot tip and node culture // Acta Horticulturae, 2019. — Vol. 1236. — P. 31–35.

13. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // Physiol Plant, 1962. — Vol. 15 (2). — P. 473–497.

14. Probasco G., Winslow S. The use of shoot-tip culture to eliminate viruses from hop varieties grown in the United States // MBAA Tech. Q., 1986. — Vol. 23. — P. 26–31.

15. Roy A. T., Leggett G., Koutoulis A. Development of a shoot multiplication system for hop *Humulus lupulus* L. // In vitro Cell. Dev. Biol. — Plant, 2001. — Vol. 37 (1). — P. 79–83.

16. Stevens J. F., Miranda C. L., Buhler D. R., Deinzer M. L. Chemistry and biology of hop flavonoids // J. Am. Soc. Brew. Chem., 1998. — Vol. 56. — P. 136–145.

17. Trojak-Goluch A., Czarnecka D. The effects of explant source and hormone content on plant regeneration and induction of tetraploids in *Humulus lupulus* L. // In vitro Cell. Dev. Biol. — Plant, 2015. — Vol. 51 (1). — P. 152–159.

18. Whittock S., Tedone L., Staskova L. et al. Hop flavoromics for distinctive beer // Acta Horticulturae, 2019. — Vol. 1236. — P. 113–120.

УДК 582.734.4:631.527

ПЛАСТИЧНОСТЬ МОРФО-АНАТОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИСТА У РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ *EX VITRO*

Е. И. Чертенкова[1], Е. В. Амброс[2], С. Ю. Толузакова[1,3]

[1] Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

[2] Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

[3] Томский сельскохозяйственный институт — филиал Новосибирского государственного аграрного университета, г. Томск, Россия

Изучено влияние разных субстратов на изменение морфо-анатомических параметров листа и приживаемость в условиях *ex vitro* растений-регенерантов земляники садовой, полученных методом клонального микроразмножения. Показано существенное влияние состава субстрата на мор-

фо-анатомические показатели — площадь листа, число устьиц, ширину устьичных щелей, элементы проводящей системы, а также на способность растений к приживаемости в нестерильных условиях.

Ключевые слова: земляника садовая, размножение *in vitro*, адаптация *ex vitro*, устьица, проводящая система листа

Технологии культивирования *in vitro* широко применяются для размножения полезных видов растений, находящихся под угрозой исчезновения, для оздоровления посадочного материала от грибных, бактериальных, вирусных патогенов коммерчески важных сортов и форм растений. Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozier.) является одной из наиболее перспективных ягодных культур благодаря высокой способности к быстрому вегетативному размножению, скороплодности, урожайности, высокой пластичности, вследствие чего растение легко приспосабливается к различным почвенно-климатическим условиям. Для обеспечения эффективной продуктивности насаждений земляники необходим качественный сортовой посадочный материал, который пользуется неизменным спросом у сельхозпроизводителей [1]. Однако применение технологий *in vitro* для крупномасштабного производства растений ограничивается трудностями, возникающими на этапе адаптации растений-регенерантов в нестерильных условиях *ex vitro* [5]. Проблемы связаны не только с физиологическими, биохимическими изменениями у регенерантов, но и с морфо-анатомическими особенностями вегетативных органов из-за низкого количества кутикулярного воска, слаборазвитых ассимиляционной паренхимы, устьичного аппарата, проводящей системы листа. У большинства регенерантов в условиях *in vitro* не происходит образования корней второго порядка и корневых волосков. При пересадке из пробирки в условия *ex vitro,* а затем *in vivo* микрорастения подвергаются значительному воздействию резко изменяющихся абиотических (температура, освещенность, влажность) и биотических (почвенная микрофлора) факторов среды. Морфологические и физиологические особенности растений-регенерантов, обеспечивавшие успешный рост и развитие *in vitro,* оказываются нецелесообразными и, более того, не способствуют успешной адаптации растений в новых нестерильных условиях. Для увеличения приживаемости растений-регенерантов *ex vitro* важно создать условия окружающей среды, обеспечивающие успешную адаптацию микрорастений [3]. Адаптация может происходить за счет трансформации морфо-анатомической структуры листа, которая обеспечивает растению оптимальный фотосинтез и водный обмен в условиях *ex vitro*.

В этой связи цель исследования — изучить изменения морфо-анатомических показателей листа, морфометрических параметров роста и развития растений-регенерантов земляники садовой в условиях адаптации *ex vitro* на различных типах субстратов.

Для эксперимента отбирали растения-регенеранты двух сортов земляники садовой — Альфа и Солнечная полянка — с высотой розетки 3 см, с 3–4 сформированными листьями, 4 корнями длиной 3–4 см, полученные путем клонального микроразмножения. Регенеранты помещали в вегетационные кассеты объемом 70 см^3 с разными типами субстратов, которые предварительно дезинфицировали 0,02%-ным водным раствором перманганата калия (табл. 1).

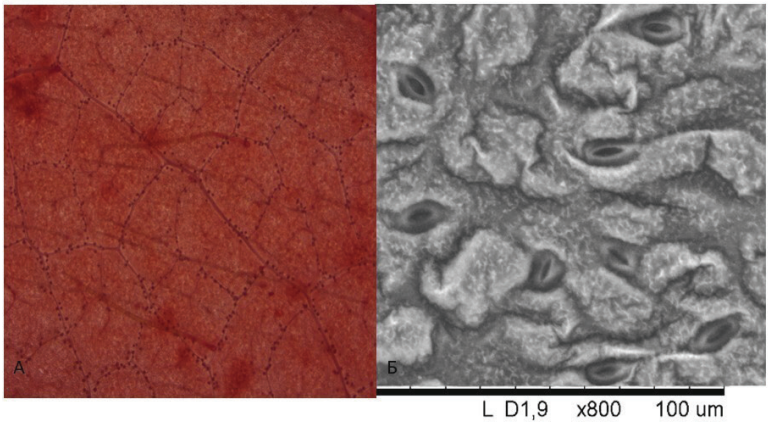
Группу контрольных растений поливали водным раствором, содержащим ¼ концентрации макро- и микроэлементов среды Мурасиге-Скуга [4], pH=5,6. По мере высыхания контрольный субстрат увлажняли раствором ¼ МС, а опытные — дистиллированной водой — до 50% от полной влагоемкости.

Таблица 1

Субстраты, используемые для адаптации растений-регенерантов земляники садовой к условиям *ex vitro*

Вариант опыта	Состав субстрата
Субстрат № 1	Стерильный кварцевый песок с размером частиц 0,7–1,2 мм
Субстрат № 2	Торф с перлитом 20% (pH=5,5–6,0) и речной песок с размером частиц менее 0,5 мм (1,5:0,5)
Субстрат № 3	Торф с перлитом 20% (pH=5,5–6,0), речной песок и кокосовый субстрат (1,0:0,25:0,5)

Первые 10 суток растения находились в микропарнике (относительная влажность воздуха 80–90%). Затем растения выращивали в обычных условиях при влажности воздуха 46%, опрыскивая водой два раза в сутки. Продолжительность адаптационного периода составила 30 суток при 16-часовом фотопериоде, температуре 23±2 °С и освещенности 2,5 клк. В конце периода адаптации анализировали морфо-анатомические параметры листа (среднее число устьиц на 1 мм^2, их размеры, площадь, количество ареол, число ветвлений жилок и свободных окончаний жилок на 1 мм^2) (рис.). Для определения успешности процесса адаптации в условиях *ex vitro* оценивали приживаемость растений, измеряли морфометрические показатели надземной части и корневой системы.



Проводящая система листа (А) и устьица на абаксиальной стороне листа (Б) у растения-регенеранта земляники садовой сорта Солнечная полянка через 30 суток адаптации в условиях *ex vitro* на субстрате из смеси торфа с перлитом, речного песка и кокосового субстрата (1,0:0,25:0,5)

Для анализа морфо-анатомических показателей листьев брали второй по счету лист от верхушечной почки побега, затем вырезали секции из средней части листа размером 1,0×1,0 см. Анализировали десять листьев на вариант субстрата, используя один лист на растение. Устьичную плотность рассчитывали на 10 отдельных неповторяющихся полей зрения для каждого листа с помощью электронного сканирующего микроскопа Hitachi TM-1000 (Япония). Размеры устьиц определяли для 300 случайно выбранных устьиц с помощью программ SIAMS Photolab и ImageJ.

Для изучения показателей проводящих элементов листовые высечки фиксировали в смеси формалина, ледяной уксусной кислоты, этилового спирта (1:1:3) в течение 24 ч. Для удаления фиксатора и пигментов материал выдерживали в 70%-ном этаноле в течение 48–96 ч, затем отбеливали в 5%-ном растворе гидроксида натрия в течение 24–48 ч с последующей трехкратной промывкой в дистиллированной воде. Окрашивали листья 1%-ным водным раствором сафранина в течение 4–8 мин с последующей промывкой в дистиллированной воде для удаления излишков красителя [7]. Исследовали препараты с помощью микроскопа Carl Zeiss PrimoVert (Германия).

Эксперимент выполнен в двух повторностях по 20 растений в каждом варианте. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 10.0 и Statistica 12.0. Данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок (M±m). Для сравнения средних значений независимых выборок использовали многоранговый тест Дункана. Различия между средними значениями исследуемых показателей считали статистически значимыми при достигнутом уровне значимости $p<0,05$.

Из-за низкой приживаемости микрорастений в условиях *ex vitro* особые требования предъявляются к почвенному субстрату, поскольку водообмен растений во многом определяется его гидрофизическими свойствами, которые, в свою очередь, зависят от гранулометрического состава, плотности, содержания органического вещества. В этой связи подбор субстрата, создание условий, способствующих завершению формирования необходимых морфологических структур вегетативных органов, является актуальной задачей. Приживаемость у исследованных сортов в конце периода адаптации к условиям *ex vitro* варьировала от 92,5 до 100% в зависимости от типа субстрата (табл. 2).

Таблица 2

Морфометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой через 30 суток адаптации *ex vitro* на различных субстратах

Показатель	Субстрат № 1	Субстрат № 2	Субстрат № 3
Сорт Альфа			
Длина корней, см	4,63±0,36a	4,53±0,50a	5,10±0,48a
Кол-во корней, шт.	6,80±0,51b	8,40±0,65b	11,60±1,04a
Масса корней сырая, мг	97,20±10,80a	61,00±6,80b	74,20±7,70ab
Масса корней сухая, мг	8,50±0,80a	6,43±0,70ab	7,78±1,10b
Высота розетки, см	4,94±0,33a	5,82±0,49a	5,58±0,28a
Кол-во листьев, шт.	5,60±37,20a	5,20±133,30a	5,10±233,30a
Масса побега сырая, мг	246,40±26,30a	224,40±27,70a	278,50±25,60a
Масса побега сухая, мг	40,87±4,50a	29,60±4,30a	40,70±3,70a
Площадь листа, см^2	227,49±38,29b	202,82±41,10b	342,09±29,46a
Сорт Солнечная полянка			
Длина корней, см	7,56±0,52a	5,61±0,53b	7,51±0,71a
Кол-во корней, шт.	11,40±0,82b	13,70±0,68b	17,70±1,10a
Масса корней сырая, мг	209,30±13,60a	76,50±9,90c	129,00±15,10b
Масса корней сухая, мг	14,60±1,20a	7,40±0,80a	14,6±3,70a
Высота розетки, см	6,32±0,19a	5,79±0,20a	6,41±0,17a
Кол-во листьев, шт.	6,90±0,23a	6,53±0,22a	6,70±0,12a
Масса побега сырая, мг	381,90±21,20a	275,60±38,60b	353,50±32,20ab
Масса побега сухая, мг	63,00±4,10a	46,30±4,30b	55,20±4,40ab
Площадь листа, см^2	422,29±35,30b	294,88±25,24b	493,06±55,32a

Примечание (к таблицам 2–4): данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок (M±m). Средние значения в столбцах, за которыми следуют одинаковые буквы, не имеют значимого отличия друг от друга в соответствии с тестом Дункана при $p<0,05$.

Максимальная приживаемость растений обоих сортов наблюдалось при применении субстрата № 3 (до 100%). Статистически значимые различия по параметрам развития корневой системы и площади листьев также получены на данном типе субстрата. Количество корней в зависимости от генотипа увеличивалось относительно субстратов № 1 и № 2 в 1,4–1,7 раза, площадь листьев в 1,2–1,7 раза ($p<0,05$).

Согласно литературным данным, регенеранты, полученные *in vitro*, имеют низкую выживаемость при переносе в условия *ex vitro* из-за формирования у них аномального устьичного аппарата [2]. Известно, что устьичная транспирация составляет 80–90% от всего испарения листа. Поэтому число устьиц, их размеры являются индикаторами водообмена, так как устьица в первую очередь реагируют на изменение условий в процессе роста листьев. Проведенный в конце периода адаптации морфометрический анализ выявил увеличение числа устьиц в 1,3–2,0 раза у регенерантов обоих сортов при использовании для адаптации субстрата № 3 по сравнению с субстратами № 1 и № 2 ($p<0,05$). Площадь устьиц на данном типе субстрата была достоверно больше (увеличивалась в 1,1–1,5 раза в зависимости от сорта) ($p<0,05$), что свидетельствует о больших возможностях увеличения газообмена, который необходим для фотосинтеза, дыхания, транспирации. Кроме того, подобранный для растений субстрат № 3 привел к уменьшению размеров устьичных щелей (табл. 3). Такие структурные изменения способствуют снижению транспирации и говорят об успешной адаптации регенерантов к изменяющейся влажности в условиях *ex vitro*.

Таблица 3

Число и размер устьиц абаксиальной стороны листа у растений-регенерантов земляники садовой через 30 суток адаптации *ex vitro* на различных субстратах

Субстрат	Число устьиц, шт./мм^2	Длина устьиц, мкм	Ширина устьиц, мкм	Отношение длины устьиц к ширине	Площадь устьиц, мкм^2
Сорт Альфа					
№ 1	199,55±5,89 c	22,81±0,37 a	10,42±0,25a	2,24±0,05b	134,44±2,76b
№ 2	311,46±6,29 b	17,60±0,37c	9,59±0,28b	1,89±0,05c	114,20±2,22c
№ 3	389,54±13,84 a	21,43±0,36 b	8,64±0,19c	2,53±0,06a	145,97±2,29a
Сорт Солнечная полянка					
№ 1	268,42±6,77 c	19,70±0,18 a	9,62±0,09 a	2,10±0,03 b	93,27±3,63c
№ 2	416,25±12,76 c	18,64±0,19 b	8,85±0,09 b	2,16±0,03 b	122,89±1,95b
№ 3	530,27±9,58 a	18,79±0,13 b	8,62±0,08 b	2,24±0,02 a	138,10±2,01a

Рост листьев, формирование устьичного аппарата происходят сопряженно с формированием проводящей системы у растений. В нашем эксперименте увеличение количества ареол (в 1,1–2,2 раза), числа ветвлений (в 1,2–2,0 раза), свободных окончаний жилок (в 1,6–2,7 раза) было характерно для листовых пластинок регенерантов, адаптированных на субстрате № 3 (табл. 4).

Увеличение количества ареол и распределение свободных окончаний проводящих пучков связывают с формированием оптимальной площади контакта между сосудами и мезофиллом [6], что свидетельствует о лучшем развитии листовой пластины и является показателем благополучной адаптации растений на субстрате из смеси торфа с перлитом, речного песка и кокосового субстрата.

Таблица 4

Показатели проводящей системы листа растений-регенерантов земляники садовой через 30 суток адаптации *ex vitro* на различных субстратах

Показатель	Субстрат № 1	Субстрат № 2	Субстрат № 3
Сорт Альфа			
Количество ареол, шт./мм^2	0,87±0,06a	0,93±0,08a	1,61±0,14b
Число ветвлений жилок, шт./мм^2	7,81±0,46a	12,40±0,85b	15,71±1,48c
Число свободных окончаний жилок шт./мм^2	7,96±0,41a	13,22±1,53b	20,76±1,69c
Сорт Солнечная полянка			
Количество ареол, шт./мм^2	0,78±0,06a	1,10±0,07b	1,59±0,11c
Число ветвлений жилок, шт./мм^2	10,09±0,90ab	8,54±0,93a	11,96±1,36b
Число свободных окончаний жилок, шт./мм^2	6,85±1,15a	7,20±0,95a	14,89±1,35b

Таким образом, показана изменчивость морфометрических и морфо-анатомических показателей листьев (площадь листа, число и размеры устьиц, показатели проводящей системы) растений-регенерантов земляники садовой при адаптации *ex vitro* на различных типах субстратов. Подобран субстрат из смеси торфа с перлитом, речного песка и кокосового субстрата (1,0:0,25:0,5), который обеспечивает лучшую приживаемость растений в условиях *ex vitro,* а также формирование растений с высоким адаптивным статусом. Полученные результаты по оптимизации этапа адаптации клонального микроразмножения позволят существенно снизить потери и значительно повысить эффективность технологии производства оздоровленного посадочного материала земляники садовой.

При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хапова С. А. Научное обоснование технологии культивирования земляники в Северо-Западном регионе РФ : дис. … докт. с.-х. наук: 06.01.08 — плодоводство, виноградорство. — М., 2016. — 406 с.

2. Borkowska B. Morphological and physiological characteristics of micropropagated strawberry plants rooted in vitro or ex vitro // Scientia Horticulturae, 2001. — Vol. 89. — P. 195–206.

3. Mathur A. et al. Biological hardening and genetic fidelity testing of micro-cloned progeny of Chlorophytum borivilianum // African Journal of Biotechnology, 2008. — № 7. — P. 1046–1053.

4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum, 1962. — Vol. 15. — № 3. — P. 473–497.

5. Pospíšilová J. et al. Acclimatization of micropropagated plants to ex vitro conditions // Biologia Plantarum, 1999. — V. 42. — № 4. — P. 481–497.

6. Sack L., Holbrook N. M. Leaf hydraulics // Annual Review of Plant Biology, 2006. — Vol. 57. — P. 361–381.

7. Shekhawat M. S., Manokari M. In vitro multiplication, micromorphological studies and ex vitro rooting of Hybanthus enneaspermus (L.) F. Muell. — a rare medicinal plant // Acta Botanica Croatica, 2018. — Vol. 77. — № 1. — P. 80–87.

УДК 633.11:631.53.04

ВЛИЯНИЕ КОРОТКОВОЛНОВОГО УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

В. Ю. Чиркова, Е. А. Шарлаева

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Применение ультрафиолетового излучения представляет большой интерес для сельского хозяйства. Его используют для стимулирования роста, повышения устойчивости растений к внешним факторам и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Представлены данные о влиянии разных доз коротковолнового ультрафиолетового излучения на посевные качества зерна мягкой яровой пшеницы сорта Алтайская жница.

Ключевые слова: УФ-излучение, посевные качества, пшеница, всхожесть, энергия прорастания, урожайность

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и получение биологически ценной растениеводческой продукции являются главными условиями развития сельского хозяйства. В качестве путей повышения урожайности рассматривают, например, внесение удобрений, селекцию, борьбу с вредителями и болезнями, предпосевную стимуляцию семян, для которой широко используют химические и физические методы воздействия. Одним из наиболее эффективных способов обработки семян является ультрафиолетовое излучение, значительно влияющее на физиолого-биохимические процессы и создающее необходимые предпосылки для роста, развития растений и формирования урожая. Обработка семян коротковолновым УФ-излучением приводит к увеличению лабораторной всхожести, активизации ростовых процессов и стимуляции зерновой продуктивности [1]. Энергия прорастания дает представление о дружности всходов и способности семян к прорастанию. Данный показатель особо важен при характеристике предпосевных качеств культуры. Если зерно не взошло на третьи или четвертые сутки, а позже, то такое зерно в полевых условиях может вообще не дать всходов и будет более восприимчиво к различным болезням и возбудителям [4]. Ультрафиолетовое излучение активирует в зерновках генетически заложенные скрытые ресурсы, которые идут

на рост и развитие семян. При определенной длине волны и времени облучения, которые индивидуальны для каждого вида растений, эти ресурсы активируются и семена прорастают быстрее [3].

Представляло интерес изучить влияние коротковолнового ультрафиолетового излучения на посевные качества зерна мягкой яровой пшеницы.

В качестве объекта исследования была выбрана мягкая яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Алтайская жница. Семена предварительно замачивали в дистиллированной воде, а затем облучали с помощью системы дозированного облучения Bio-Link Vilber Lourmat при длине волны 254 нм и разном времени воздействия (2, 3, 4, 5 ч) и проращивали рулонным способом. В исследуемых образцах согласно ГОСТу 12038–84. *Семена сельскохозяйственных культур. Методы определение всхожести* определяли энергию прорастания (на 3 сутки) и всхожесть (на 7 сутки). Пробу закладывали в трех биологических повторностях [2].

На рисунке 1 представлена зависимость энергии прорастания от времени облучения для контрольного и опытных образцов.

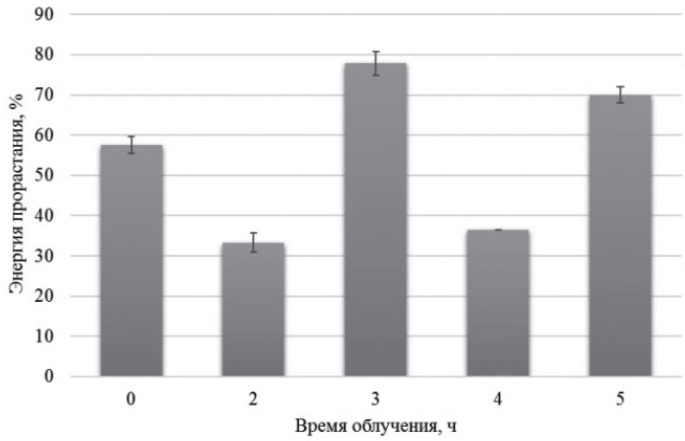


Рис. 1. Влияние коротковолнового ультрафиолетового облучения на энергию прорастания

Отмечено, что в зависимости от времени облучения изменение энергии прорастания носит волнообразный характер. Максимальное значение было отмечено при времени облучения 3 ч и составило 77,8%, что на 20,2% выше энергии прорастания контрольного образца. После двухчасового воздействия наблюдается самый низкий показатель энергии прорастания (33,3%), который оказался достоверно ниже (на 24,3%) энергии прорастания контрольного образца.

Благодаря показателю всхожести можно оценить способность к прорастанию и качество будущих посевов культуры. Полученные нами данные всхожести варьируют от 83,8% до 96,7% (рис. 2).

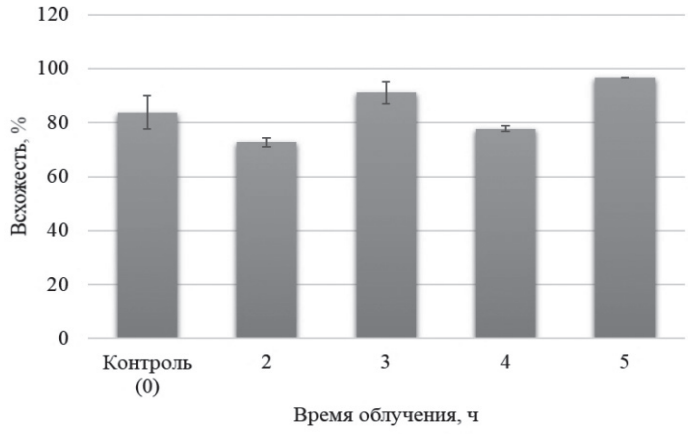


Рис. 2. Зависимость всхожести от продолжительности предпосевной УФ-обработки семян

Наиболее высокие значения были выявлены для образцов, которые подвергались облучению в течение 5 ч (96,7%), их всхожесть была на 12,9% выше, чем у контрольного образца. После 2-часового облучения было отмечено снижение показателя всхожести относительно контроля на 11,1%. В образце после 4-часового облучения семян показатель лабораторной всхожести ниже всхожести контрольного образца на 6,0% и достоверно выше значения всхожести семян после 2-часовой УФ-обработки на 5,1%. Значение всхожести при времени облучения 3 ч составило 91,1%, оно больше контрольного значения на 7,3%, но достоверно ниже значения всхожести при 5-часовом облучении (на 5,6%).

Полученные нами данные согласуются с данными статьи [5], в которой говорится о том, что в зависимости от полученной дозы коротковолнового ультрафиолетового излучения показатели всхожести могут быть неоднозначными, всхожесть может то понижаться, то повышаться при разном времени облучения. Однозначно сказать о наличии или отсутствии прямой зависимости между продолжительностью воздействия коротковолновым ультрафиолетовым излучением и посевными качествами зерновых культур на данный момент невозможно, поскольку большое значение имеют вид и сорт растения, а также его устойчивость к ультрафиолетовому излучению, поэтому исследования по данной теме остаются актуальными и востребованными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончарова Л. И., Цыгвинцев П. Н., Губарева О. С. Применение УФ-излучения в интенсивной технологии улучшения посевных качеств семян и повышения продуктивности ячменя // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы : сб. докладов междунар. научн.-практич. конф. — Обнинск : Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, 2018. — С. 257–260.

2. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. — М. : Стандартинформ, 2011. — 30 с.

3. Левина Н. С., Тертышная Ю. В., Бидей И. А., Елизарова О. В. Влияние ультрафиолетового излучения на посевные качества и вегетацию яровой пшеницы и ярового ячменя // АПК России, 2019. — № 3. — С. 344–350.

4. Рогожин Ю. В., Рогожин В. В. Технология предпосевного УФ-облучения зерен пшеницы // Вестник АГАУ, 2013. — № 6. — С. 9–14.

5. Roleda Y. Michael, Wiencke Ch., Luder H. Impack of ultraviolet radiation on cell structure UV-absorbing compounds, photosynthesis, DNA amage, and gemination in zoospores of *Arctis Saccorhiza dermatodea* // Journal of Experimental Botany, 2006. — Vol. 57. — P. 3847–3856.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ПИЩЕВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

УДК 661.632:574

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НА ГИДРОБИОНТОВ

А. Ахмет[1], А. У. Исаева[1], Р. Панкиевич[2, 3], К. Нарымбаева[1]

[1] Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

[2] Университет им. Адама Мицкевича в Познани, г. Позань, Польша

Изучено острое и хроническое влияние фосфорсодержащих отходов на планктонные и бентосные организмы. При изучении влияния фосфорсодержащих отходов (шлама и шлака) на гидробионтов в качестве тест-объектов использовались различные систематические группы водных организмов: различные одноклеточные виды диатомовых водорослей: *Phaeodactilum tricornutum, Sinedra ulna, Navicula gracilis, Amphora ovalis, Pinnularia viridis;* микроводоросли: *Scenedesmus guadricauda, Scenedesmus protuberans;* одноклеточные зеленые водорослей: *Chlorococcum sp., Chlorella vulgarus;* цианобактерии *Oscillatoria limosa;* простейшие: *Amoeba proteus, Amoeba limax, Euglypha acanthophora*, *Paramecium aurelia, Paramecium caudatum, Paramecium putrinum, Paramecium omrelia, Paramecium multinucleus, Stylonychia mytilus, Vorticella convallaria, Colpoda steinii, Rotatoria Calldina sp*. и малощетинковых червей из рода *Aeolosoma Nematoda sp*. Результаты биотестирования проб отходов показали их токсическое действие на планктонные и бентосные организмы. Однако это действие проявляется при достаточно больших, определенных концентрациях. Установлено, что морфометрические показатели анализируемых тест-объектов снижаются пропорционально содержанию фосфорсодержащих отходов в водной суспензии. В зависимости от степени токсичности, применяемой в эксперименте, 1,0% концентрации фосфорсодержащих шлаков и шламов считался нетоксичным, а 5,0% концентрации шлака — слабо токсичными, наиболее токсичными оказалось содержание 10,0% шлама и шлака в воде, что приводит к гибели *Sinedra ulna, Amphora ovalis, Rotatoria Calldina sp*. соответственно. Выявлено, что фосфорсодержащий шлам является более токсичным, чем шлаки.

Ключевые слова: фосфорсодержащий шлам, фосфорсодержащий шлак, бентос, планктон, острая и хроническая токсичность, гидробионты

Введение. В настоящее время в южном регионе Казахстана накоплено под открытым небом около 50,0 млн т техногенных фосфорсодержащих отходов. Фосфорсодержащие отходы (шлам и шлак) характеризуются сложным многокомпонентным составом, который токсичен для окружающей среды и губителен для мельких организмов. Наибольшую опасность для окружающей среды представляет желтый фосфор. Большинство из упомянутых соединений растворяется в воде, что делает их более токсичными в отношении флоры и фауны и обеспечивает попадание в пищевую цепь человека. При оценке токсичности техногенных отходов биологическими методами обычно тестируют водную вытяжку и в качестве тест-организмов используют различные гидробионты: водоросли, ракообразные, хирономиды, моллюски и др. водные организмы, и в этой обла-

сти имеются многочисленные зарубежные и отечественные исследования [1, 2]. В исследованиях В. Н. Крючкова и соавт. было рассмотрено влияние техногенных отходов на различные зоопланктоны *Daphnia magna, Artemia salina,* хирономиды *(Chironomus gr. salinarius)* и моллюсков *(Dreissena rostriformis)* [3]. Отличительная черта применения тест-организмов в биотестировании как удобного объекта при оценке токсичности или экотоксичности — способность накапливать в себе множество ионов металлов и превращать их в нетоксичную форму. Целью нашей работы было изучение влияния фосфорсодержащих отходов на морфометрические показатели тест-организмов и оценка уровня токсичности отходов.

Материал и методы исследования. В качестве объекта исследования использовались отходы производства бывшего Шымкентского фосфорного завода, расположенного вблизи г. Шымкент: шлаки и шламы. При изучении влияния фосфорсодержащих отходов на организмы гидробионтов в качестве тест-объектов использовалась накопительная культура различных групп водных организмов, включающих монадные водоросли, протозойные организмы и беспозвоночные, культивируемая в стеклянных аквариумах на питательной среде, содержащей необходимое количество N: P: K, в режиме непрерывной аэрации с помощью аэропомп. В опытные колбы вносилось 1,0%, 5,0% 10,0% суспензии фосфорсодерщих шлаков и шламов. В контрольном варианте фосфорсодержащие отходы не вносились. Аэрация осуществлялась с помощью встряхивателя Экрос-5. В ходе эксперимента рассматривались температурно-климатические показатели, кислотность pH, концентрация кислорода. Эксперимент проводился при температуре 22–25 °С, 16-часовом световом дне и освещенности 4000 лк. При проведении экспериментов контролировали острую (от 0 до 3 ч) и хроническую токсичность (24, 48, 96 ч). Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Рассчитывали величину стандартного отклонения при 0,95>P>0,80.

Статистическую обработку проводили с помощью пакета статистических программ Microsoft Excel на персональном компьютере Pentium-IV.

Результаты и обсуждение. В ходе эксперимента были изучены морфометрические и физиологические показатели гидробионтов, а также устойчивость к токсичности фосфорсодержащих отходам. Критериями показания токсичности в ходе эксперимента являлись жизнедеятельность организма, формы клеток и изменение уровня флуоресценции хлорофилла, численность клеток, плазмолиз цитоплазм, инцистирование, мионема стебелька, сокращения размера стебелька, пульсация сократительной вакуоли, осморегуляция, интенсивность питания, хемотаксис, темпы деления клеток и темпы размножения, выживаемость и устоичивость организмов к токсикантам и процес адаптации. Температурный режим поддерживался на уровне 20–25 °С, который является оптимальным для подобных организмов.

Исходная накопительная культура организмов гидробионтов, используемая в качестве тест-модели, представлена следующими организмами: *Synedra ulna, Navicula gracilis, Amphora ovalis, Pinnularia sp., Meridion circulare, Scenedesmus guadricauda, S. protuberans, Chlorococcum sp., Chlorella vulgarus, Oscillatoria limosa, Oscillatoria sp., Cladophora glomerata, Amoeba proteus, A. limax, Aspidisca sp., Euglena viridis, Euglypha acanthophora, Paramecium aurelia, P. caudatum, Stylonychia mytilus, Colpoda steinii, Rotatoria callidina, Aeolosoma sp., Nematoda sp.*

По результатам анализа было установлено, что при введении 1,0% фосфорсодержащих шлаков и шламов существенных изменений как в структуре гидробиоценоза, так и в поведении тест-организмов не обнаружено. В течение 96 часов количество водорослей *Scenedesmus guadricauda, Chlorococcum sp., Chlorella vulgarus* и *Euglena viridis* из исходных показателей «единично» изменяется до «обильно». В вариантах с введением 5,0% шлака и шлама отмечены явления слабого плазмолиза в ряде клеток *Spirogyra porticalis* и *Cladophora glomerata* (рис. 1).

Визуальных отличий у тест-организмов в вариантах с введением 1,0% и 5,0% шлака или шлама не отмечено, но через 24 часа проявились признаки хронической токсичности, клетки *Protista* и *Flagellata* вступили в процесс инцистирования при концентрации 5,0% шлака или шлама (рис. 2), после чего появились адаптивные признаки и начали восстанавливаться процессы жизнедеятельности.

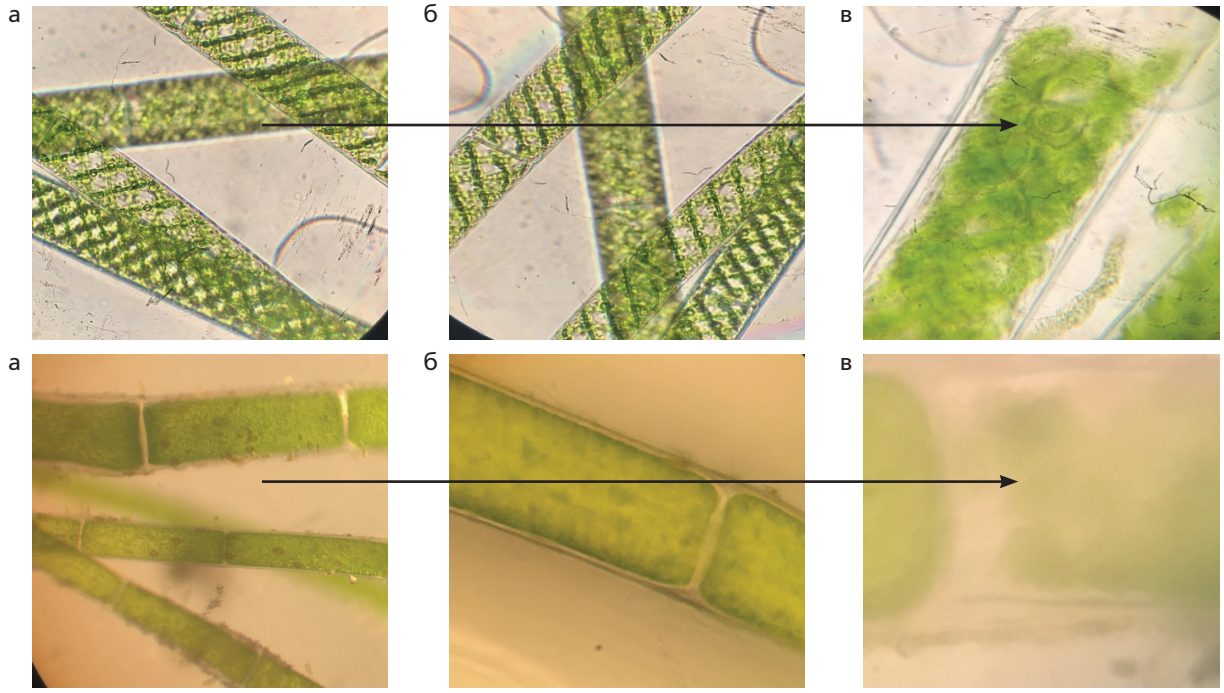


Рис. 1. Обработка 5%-ным раствором шлама: а – до опыта клетки *Spirogyra porticalis* и *Cladophora glomerata;* б, в – после опыта, увеличение *×40; ×100*

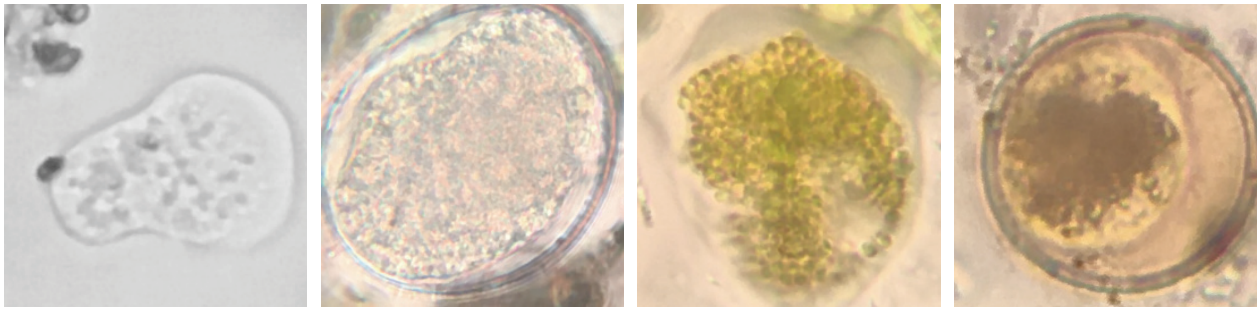


Рис. 2. Инцистирование клеток *Protista* и *Flagellata* после 24 часов

После 48 часов в клетках микроводорослей *S. guadricauda, S. protuberans* и *Euglenophyta, Ciliophora* происходили инвагинация перистомального диска внутри клетки и склеивание мембран, и слабый плазмолиз при 10,0% концентрации шлака (рис. 3) Интенсивность движения тест-организмов изменяется от направленного движения к кинезу или беспорядочному движению. В ходе опыта наблюдались беспорядочные движения, близкие к кинезам, или крутящиеся движения *Paramecium caudatum, Euglena viridis, E. acanthophora, Amoeba proteus, A. limax, Aspidisca sp.* Следует отметить, что в контроле движение гидрабионтов как локомоторного, так пищевого характера осуществлялось в норме. В любом случае двигательные, поведенческие реакции гидробионтов приводили к изменениям в интенсивности питания, так как наблюдались отрицательные тенденции в осуществлении таксисов, и прежде всего хемотаксиса.

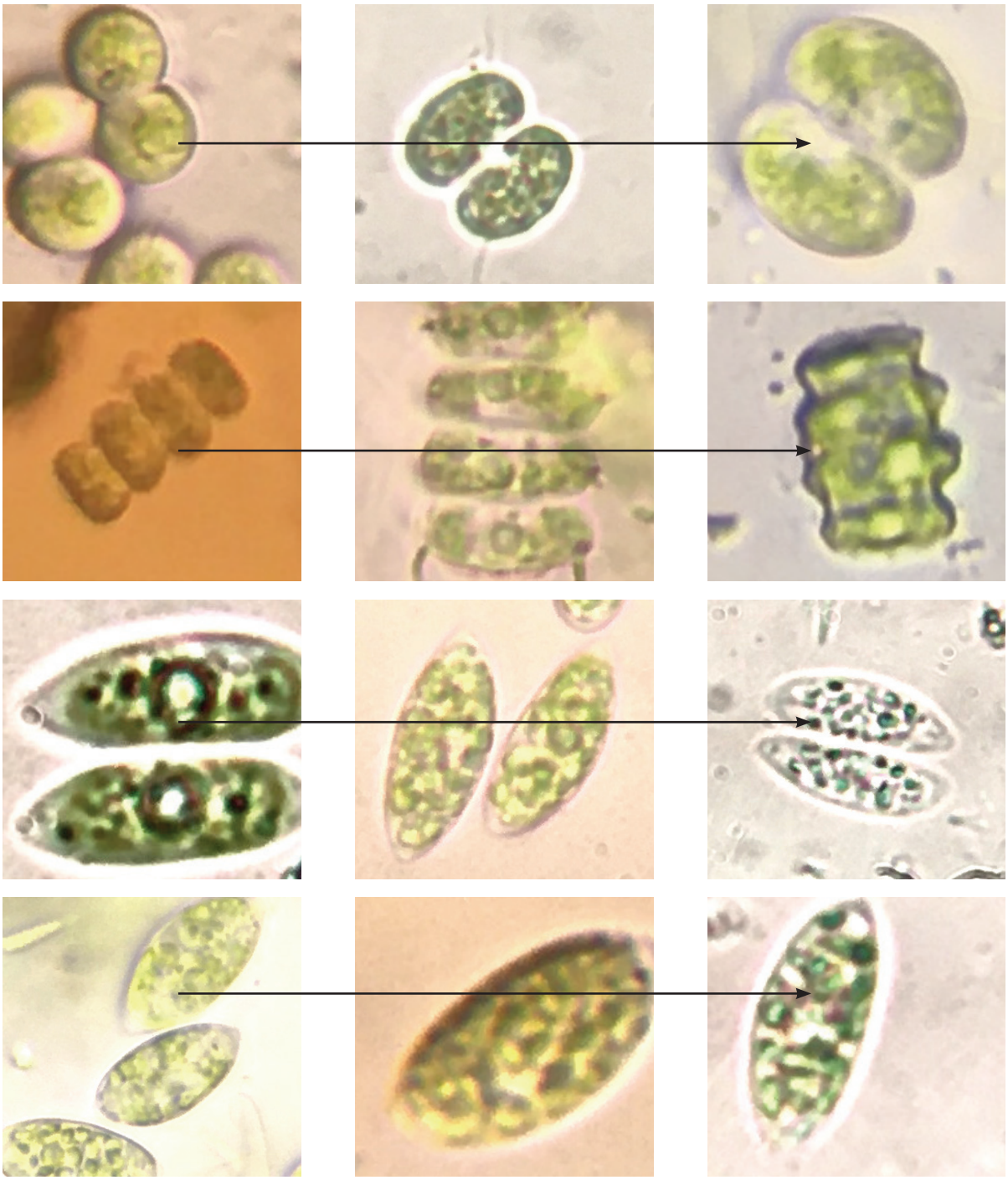


Рис. 3. Процесс плазмолиза в клетках гидробионтов: а – до опыта; б, в – после опыта

При 10,0%-ном растворе шлама критерием токсичности явилась гибель 70% гидробионтов и более. Шлам губительно действует на клетки некоторых диатомовых водорослей (*Meridion circulare*, *Synedra ulna*, *Amphora ovalis)* и мелких пресноводных червей из класса коловратки *Rotatoria, Calldina sp.* (рис. 4) и малощетинковых червей из рода *Aeolosoma sp.* и *Nematoda sp.* за период времени до 48 часов в тестируемой воде по сравнению с контролем при условии, что в контроле гибель не превышает 10%.

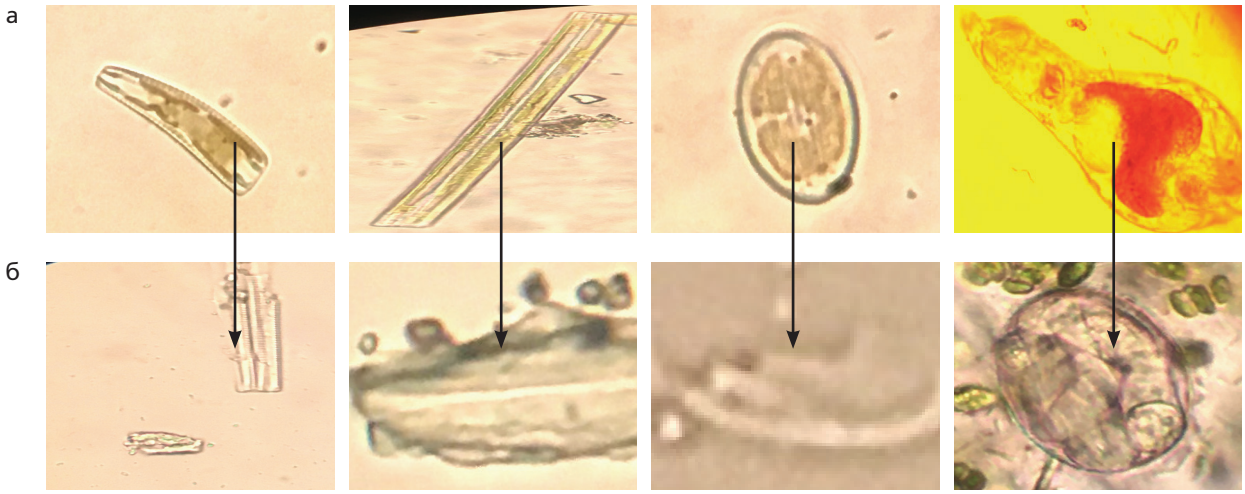


Рис. 4. Влияние 10,0%-ного раствора шлама и шлака на тест-организмы:
а – до опыта, б – после опыта, увеличение *×40; ×100*

При дальнейшем увеличении содержания фосфорсодержащих отходов до 10,0% установлено, что шлам является более токсичным, чем шлак. Введение шлама в таком количестве привело к гибели большинства простейших, беспозвоночных *Rotatoria calldina sp*. и малощетинковых червей из рода *Aeolosoma sp., Nematoda sp.* и ряда диатомовых водорослей *Meridion circulare*, *Synedra ulna* и *Amphora ovalis*. Плазмолиз отмечается во всех клетках нитевидной зеленой водоросли *Cladophora glomerata*, монадных водорослей *Chlorococcum sp., Chlorella vulgarus*, микроводорослей *S. guadricauda, S. protuberans.*

Таким образом, установлено, что содержание в водной среде 1,0% фосфорсодержащих отходов, независимо от их вида, оказывает стимулирующее действие на жизнедеятельность всего гидробиоценоза. Дальнейшее увеличение содержания отходов до 5,0% приводит к угнетению развития ряда тест-организмов, в первую очередь простейших и беспозвоночных. Фосфорсодержащие шламы в количестве 10,0% в водной среде оказывают более токсичное действие, чем аналогичное содержание шлаков, что, вероятно, объясняется условиями хранения отходов, где, как известно, шламы складируются в водной / влажной среде, а шлаки — на открытом воздухе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. Методы биотестирования. — Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. — 92 с.

2. Бардина Т. В., Чугунова М. В., Бардина В. И. Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования // Живые и биокосные системы, 2013. — № 5. URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8.

3. Крючков В. Н., Курапов А. А. Оценка влияния отходов бурения на гидробионтов // Вестник АГТУ, 2012. — № 1. — С. 60–65.

УДК 636.2:577.15

ВЛИЯНИЕ ТОЧЕЧНЫХ АМИНОКИСЛОТНЫХ ЗАМЕН В МОЛЕКУЛЕ РЕКОМБИНАНТНОГО ХИМОЗИНА КОРОВЫ НА ЕГО КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д. В. Балабова[1], Д. Н. Щербаков[1,2], В. Ю. Чиркова[1], Е. А. Шарлаева[1]

[1] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

[2] Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р. п. Кольцово, Россия

Исследовано влияние аминокислотных замен в молекуле рекомбинантного химозина коровы на кинетические параметры полученных мутантных ферментов. Все изученные мутантные варианты химозинов отличаются по параметрам кинетики Михаэлиса-Ментен от контрольного рекомбинантного химозина без аминокислотных замен.

Ключевые слова: рекомбинантный химозин, аминокислотные замены, кинетика Михаэлиса-Минтен, молокосвертывающий фермент, биохимические свойства

Для получения молочного сгустка в сыроделии традиционно используется сычужный фермент (СФ), основным действующим агентом которого является аспартатная эндопептидаза — химозин (ЕС 3.4.23.4). Химозин (Хн) коровы обладает уникальным сочетанием технологических свойств и считается эталонным молокосвертывающим ферментом (МФ) (Белов и др., 2004). В конце XX в. возник мировой дефицит СФ, что привело к необходимости поиска его заменителей среди природных молокосвертывающих протеиназ про- и эукариотического генеза. Однако все исследованные натуральные МФ не смогли конкурировать с Хн коровы [5].

Создание и внедрение в практику сыроделия рекомбинантных химозинов — один из способов компенсации дефицита СФ. Сегодня рекомбинантный Хн (рХн) коровы широко используется в производстве различных видов сычужных сыров [3]. Тем не менее поиск МФ с улучшенными технологическими характеристиками является актуальной биотехнологической задачей, решив которую, возможно повысить эффективность сыроделия. Одним из направлений такого поиска является инжиниринг природных Хн. Данный подход предполагает получение генно-инженерных аналогов Хн коровы с одиночными или множественными аминокислотными (а. к.) заменами, способными улучшить свойства натуральных ферментов. В связи с этим цель работы — изучение влияния а. к. замен на кинетические параметры рХн коровы.

Солевые мостики, играющие важную роль в обеспечении конформационной стабильности ферментов, — это электростатические взаимодействия, возникающие между положительно и отрицательно заряженными R-группами аминокислот. В молекуле Хн коровы с помощью молекулярной динамики были идентифицированы солевые мостики, в формировании которых принимают участие R-группы Asp в положении 156, 198 и 209, а также R-группа Glu в положении 363. Предполагается, что данные а. к. остатки являются подходящими мишенями для искусственных мутаций, способных повлиять на свойства Хн [1, 4]. Объектами данного исследования стали инженерные рХн коровы с различными вариантами а. к. замен (табл. 1). С целью введения а. к. замен проводили последовательный олигонуклеотид-направленный мутагенез. Матрицей при получении генно-инженерных вариантов фермента служили природный ген химозина коровы и пара праймеров, необходимых для введения мутаций. Препараты мутантных химозинов коровы были получены в прокариотической системе экспрессии *Escherichia coli*, штамм BL21 (DE3).

Таблица 1

Генно-инженерные химозины коровы с различными вариантами а. к. замен

Обозначение	Вариант а. к. замен	Обозначение	Вариант а. к. замен
V1	Asp156→Val	V1V3	Asp156→Val Asp209→Asn
V2	Asp198→Lys	V1V4	Asp156→Val Glu363→Gln
V3	Asp209→Asn	V2V3	Asp198→Lys Asp209→Asn
V4*	Glu363→Gln	V2V4	Asp198→Lys Glu363→Gln
V1V2	Asp156→Val Asp198→Lys	V3V4	Asp209→Asn Glu363→Gln

Примечание: * — кинетические параметры не исследовали.

Параметры кинетики Михаэлиса-Ментен рекомбинантных химозинов определяли методом флуоресцентной спектрофотометрии с помощью планшетного флуориметра CLARIOstar («BMG LABTECH», Германия), длины волн возбуждения — 495 нм, эмиссии — 520 нм. Субстратом служил синтетический пептид следующего состава: Dabcyl-HPHPHLSF-MAIPK (5-FAM) KK-NH_2 (Dabcyl=4-(dimethylaminoazo) benzene-4-carboxylic acid, 5-FAM=5-carboxyfluorescein) («CPC Scientific», США), соответствующий химозин-чувствительному участку к-казеина коровы. Гидролиз субстрата химозином приводит к удалению изначально сближенных флуорофор (С-конец субстрата) от тушителя (N-конец), что вызывает увеличение флуоресценции, отражающее скорость ферментативной реакции.

Реакционные смеси объемом 5 мкл, содержащие 50мМ ацетатный буфер (pH 5,8) и пептид различной концентрации (0–20мкМ), готовили в 384-луночном планшете. Реакцию запускали добавлением 5 мкл Хн до конечной концентрации 50 нМ. В качестве образцов сравнения использовали препараты коммерческого рХн коровы («Chr. Hansen», Дания) и рХн коровы без а. к. замен.

Для расчета констант использовали сопутствующее программное обеспечение MARS Data Analysis («BMG LABTECH», Германия). Константу Михаэлиса (K_m) определяли по уравнению Михаэлиса-Ментен, константа скорости реакции гидролиза или число оборотов фермента (k_{cat}) рассчитывалась по формуле:

$$k_{cat}=V_{max}/[E],$$

где k_{cat} — константа скорости реакции гидролиза; V_{max} — максимальная скорость реакции, полученная из уравнения Михаэлиса-Ментен; [E] — концентрация исследуемого рекомбинантного химозина [2].

Каталитическую эффективность (константу специфичности) определяли, как соотношение k_{cat}/K_m.

Параметры кинетики Михаэлиса-Ментен важны для глубокой биохимической характеристики нового рекомбинантного фермента. Из данных, представленных в таблице 2, видно, что внесенные одиночные и двойные а. к. замены привели к изменению кинетических параметров у мутантных вариантов рХн по сравнению с контрольным Хн (V0, без замен).

Таблица 2

Параметры кинетики Михаэлиса-Минтен рекомбинантных химозинов

Образец	K_m, мкМ	$k_{cat}*10^3$, $с^{-1}$	k_{cat}/K_m, $мМ^{-1}\ с^{-1}$
Chy-Max	4,26±0,71	4,94±0,90	1,16±0,02
V0	1,91±0,05	5,28±0,37	2,78±0,23
V1	2,06±0,32	5,52±0,80	2,79±0,46
V2	9,80±0,95	5,78±0,13	0,60±0,05
V3	2,57±0,55	4,29±0,33	1,76±0,20
V1V2	5,07±0,73	18,46±0,79	3,75±0,41
V1V3	8,78±0,83	11,83±0,25	1,38±0,15

Окончание таблицы 2

Образец	K_m, мкМ	$k_{cat}*10^3$, $с^{-1}$	k_{cat}/K_m, $мМ^{-1}\ с^{-1}$
V1V4	6,81±0,97	16,69±0,99	2,74±0,40
V2V3	4,82±0,58	5,70±1,00	1,18±0,12
V2V4	5,03±0,46	7,16±0,88	1,41±0,06
V3V4	4,11±0,57	10,09±0,61	2,56±0,38

Самые низкие значения константы Михаэлиса (K_m) продемонстрировали мутантные варианты V1 (Asp156→Val) и V3 (Asp209→Asn), они были близки к контрольному Хн и в 2 раза ниже по сравнению с коммерческим рХн. Это указывает на наибольшую аффинность к использованному хромогенному субстрату. По скорости насыщения субстратом рХн с мутацией Asp198→Lys (V2), а также все мутанты с двойными а. к. заменами уступали контрольному препарату в 2–5 раз.

Значения каталитической константы скорости (k_{cat}) мутантных вариантов рХн с единичными а. к. заменами мало отличались от контрольного рХн. У большинства вариантов с двойными а. к. заменами число оборотов фермента в единицу времени было заметно выше контрольных значений (в 1,4–3,5 раза). Высокие значения данного показателя указывают на более быстрое освобождение этих ферментов от продуктов реакции. Все использованные а. к. замены не привели к повышению каталитической эффективности фермента (k_{cat}/K_m) и даже несколько снижали этот показатель по сравнению с контролем. Исключение составил мутантный вариант V1V2 (Asp156→Val, Asp198→Lys), его каталитическая эффективность была в 1,3 раза выше, чем у контрольного препарата.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (номер темы: FZMW-2020–0002, «Разработка продуцентов рекомбинантных ферментов для сыроделия»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балабова Д. В., Миронова А. В., Пушкарев В. А. и др. Влияние аминокислотных замен в молекуле рекомбинантного химозина коровы на зависимость его коагуляционной активности от концентрации хлорида кальция в молоке // Биотехнология, 2021. — № 1. — С. 81–86.

2. Johnson K. A., Goody R. S. The original Michaelis constant: translation of the 1913 Michaelis— Menten paper // Biochemistry, 2011. — № 50. — P. 8264–8269.

3. Kumar A., Grover S., Sharma J., Batish V. K. Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions // Crit. Rev. Biotechnol., 2010. — № 30 (4). — P. 243–258.

4. Novoselova E. S., Rudometov A. P., Kriger A. V., Elchaninov V. V. Effect of Salt Bridges Rupture on the Activity and Thermostability of Chymosin, BGRS\SB-2018; Abstracts. The 11th Int. Conf. (Novosibirsk, 20–25 August, 2018). — Novosibirsk, 2018. — C. 115.

5. Uniacke-Lowe T., Fox P. F. Chymosin, pepsins and other aspartyl proteinases: structures, functions, catalytic mechanism and milk-clotting properties, Cheese: chemistry, physics and microbiology. Academic Press., 2017. — P. 69–113.

УДК 639.111.16:577.15

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ НАРАБОТКИ ХИМЕРНОГО ПРОХИМОЗИНА ЛОСЯ В СИСТЕМЕ *E. COLI*

Е. А. Белаш[1], Д. В. Балабова[1], Д. Н. Щербаков[1,2]

[1] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия,

[2] Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р. п. Кольцово, Россия

Рекомбинантный экспрессионный вектор pET21-DC–Mos, содержащий ген прохимозина лося в единой рамке считывания с геном периплазматической дисульфид-изомеразы *E. coli* DsbC, был трансформирован в штамм BL21 (DE3). Проведен индуцированный синтез химерного белка, который показал, что при добавлении в ростовую среду 1 мМ ИПТГ значительная часть целевого химерного белка накапливается в тельцах включения. При добавлении 0,1 мМ ИПТГ и TritonX-100 (0,5%) часть химерного белка транспортируется во внеклеточное пространство.

Ключевые слова: рекомбинантный химозин, периплазматические дисульфид-изомеразы, белки-шапероны, периплазматическое пространство, тельца включения, коагуляция молока

Для молочной промышленности важным моментом является реакция свертывания молока, которая позволяет переводить казеин и молочный жир в состояние, при котором белки молока могут быть отделены от большей части сыворотки. Химозин используется как основной фермент для коагуляции молока. В связи с увеличением объемов производства сыра наблюдается дефицит натурального сычужного фермента [3, с. 10]. При этом методы генной инженерии позволяют получить рекомбинантный аналог химозина.

Химозин — аспарагиновая протеиназа (ЕС 3.4.23.4), которая проявляет наилучшую молокосвертывающую активность, так как гидролизует ключевую пептидную связь Phe105-Met106 в молекуле каппа-казеина молока [7]. Химозин коровы считается эталонным молокосвертывающим ферментом [5]. При этом были проведены многочисленные работы по поиску новых вариантов химозинов не коровьего происхождения, которые показали комплекс полезных свойств для сыроделия [1, 2].

С помощью методов генной инженерии рекомбинантный химозин был неоднократно получен в генетически модифицированных организмах, например в *E. coli,* при этом прохимозин был накоплен внутри клеток в виде телец включения, что осложняло получение его нативной структуры [4]. Поэтому актуальной задачей является получение рекомбинатного химозина в растворимой форме. Данную проблему можно решить путем конструирования экспрессионных векторов, обеспечивающих синтез и транспорт химозина в периплазму клетки. Для этого необходимо включить в состав конструкции гена прохимозина лося ген белка дисульфидного обмена. Семейство белков дисульфидного обмена — периплазматические дисульфид-изомеразы, которые участвуют в образовании дисульфидных связей, а также в их изомеризации, т. е. выполняют функцию белков-шаперонов [6, 8]. Были проведены исследовательские работы, которые показали, что совместная экспрессия гетерологических белков с белками дисульфидного обмена заметно усиливает эффективную растворимость [8, 9].

Целью нашей работы было изучение влияния условий наработки химерного прохимозина лося в системе *E. coli.*

В данной работе использованы генно-инженерные, биохимические методы получения и анализа рекомбинантного химозина, к которым относятся полимеразная цепная реакция, трансформация, индуцированная экспрессия клонированных генов, методы получения различных фракций клеток, гель-электрофорез белков.

Ранее нами была сконструирована экспрессионная плазмида pET21-DC–Mos, содержащая N-концевой довесок в единой рамке считывания с прохимозином лося. N-концевым довеском является белок дисульфидного обмена *E. coli* DsbC. Для этого была подобрана и синтезирована на заказ пара олигонуклеотидов. Далее была проведена полимеразная цепная реакция. Затем продукт ПЦР клони-

ровали в состав вектора pET21-Mos по уникальными сайтам рестрикции таким образом, чтобы ген прохимозина лося оказался в единой рамке считывания с геном белка дисульфидного обмена DsbC. После была проведена химическая трансформация компетентных клеток *E. coli* штамма Bl21 (DE3).

Индукция синтеза белка проведена по двум схемам (табл.). Индивидуальные колонии *E. coli*, содержащие рекомбинантную плазмиду pET21-DC — Mos, культивировали в шейкер-инкубаторе в среде LB при 37 °C и 180 об./мин до оптической плотности D_{600}=0,8. Затем проводили индукцию синтеза белка путем добавления изопропил-β-D-1-тиогалактопиранозид (ИПТГ) до конечной концентрации 1 мМ; другой вариант содержал 1мМ ИПТГ и Triton-X100 (0,5%). Вторая схема включала индуцирование путем добавления ИПТГ до конечной концентрации 0,1 мМ. Другой вариант содержал 0,1 мм ИПТГ и Triton-X100 (0,5%). Колбы помещали в шейкер-инкубатор и культивировали 18 часов при 16 °C.

Варианты концентраций индуктора в ростовой среде

№ колбы	ИПТГ, мМ	Triton-X100,%
1	1	—
2	1	0,5%
3	0,1	—
4	0,1	0,5%

На следующем этапе были получены различные фракции клеток: растворимая фракция (из периплазматического пространства), нерастворимая фракция (тельца включения). Для этого биомассу клеток центрифугировали при 5000 g 20 мин и 4 °C. Полученный осадок растворяли в буфере STET (8% сахарозы, 50 мМ Трис, 20 мМ ЭДТА, 5% Triton X-100, ph 8) и инкубировали в течение ночи при 4 °C. Затем клеточную стенку разрушали путем замораживания при –20 °C, оттаивания на водяной бане при 37 °C (5–7 циклов). Далее тельца включения осаждали центрифугированием при 20000 g 20 мин и 4 °C и растворяли в буфере, содержащем 8М мочевину.

Для определения локализации синтеза целевого химерного белка, а также его эффективности был проведен электрофоретический анализ полученных фракций (рис. 1, 2).

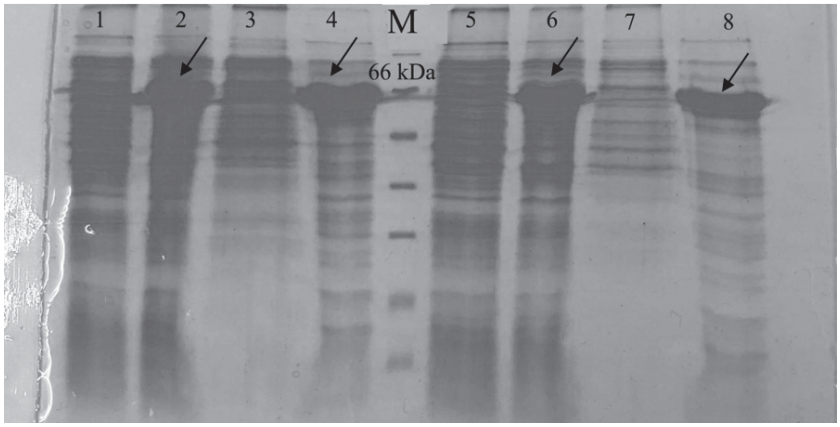


Рис. 1. Электрофореграмма разделения белковых препаратов в ПААГ:
М — маркеры молекулярных масс, 1 — биомасса клеток *E. coli* до добавления ИПТГ, 2 — биомасса клеток *E. coli*, содержащих плазмиду pET21-DC–Mos, через 18 ч после добавления индуктора 1 мМ ИПТГ, 3 — растворимая фракция биомассы клеток *E. coli*, 4 — нерастворимая фракция биомассы клеток *E. coli* (тельца включения), 5 — биомасса клеток *E. coli* до добавления ИПТГ, 6 — биомасса клеток *E. coli*, содержащих плазмиду pET21-DC–Mos, через 18 ч после добавления 1 мМ ИПТГ и TritonX-100 (0,5%), 7 — растворимая фракция биомассы клеток *E. coli*, 8 — нерастворимая фракция биомассы клеток *E. coli* (тельца включения)

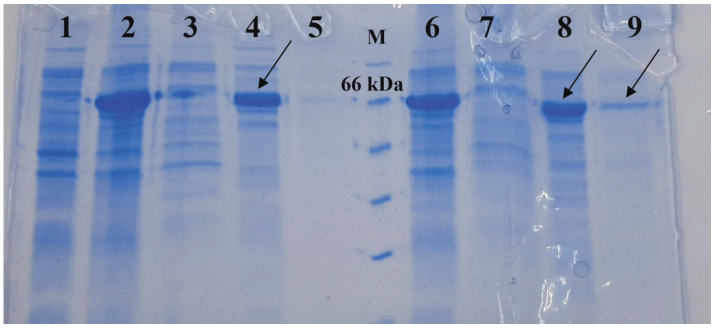


Рис. 2. Электрофореграмма разделения белковых препаратов в ПААГ:
М – маркеры молекулярных масс, 1 – биомасса клеток *E. coli* до добавления ИПТГ, 2 – биомасса клеток *E. coli*, содержащих плазмиду pET21-DC–Mos, через 18 ч после добавления индуктора, 3 – растворимая фракция биомассы клеток *E. coli*, 4 – нерастворимая фракция биомассы клеток *E. coli* (тельца включения), 5 – культуральная жидкость, 6 – биомасса клеток *E. coli*, содержащих плазмиду pET21-DC–Mos, через 18 ч после добавления 0,1 мМ и TritonX-100 (0,5%), 7 – растворимая фракция биомассы клеток *E. coli*, 8 – нерастворимая фракция биомассы клеток *E. coli* (тельца включения), 9 – культуральная жидкость

Проведенный индуцированный синтез белка показал, что при добавлении в ростовую среду ИПТГ до конечной концентрации 1 мМ значительная часть целевого химерного белка (имеющего молекулярную массу 65 kDa) накапливается в тельцах включения. В данном случае концентрация ИПТГ 1 мМ оказала на клетки метаболическую нагрузку, что привело к экспрессии большого количества белка, произошло его накопление в виде нерастворимых агрегатов.

В другом варианте проведенный индуцированный синтез белка показал, что при добавлении в ростовую среду ИПТГ до конечной концентрации 0,1 мМ и TritonX-100 (0,5%) часть целевого химерного белка транспортируется во внеклеточное пространство. В данном случае концентрация индуктора была значительно ниже, что и уменьшило уровень транскрипции. Можно предположить, что при добавлении TritonX-100 (неионное поверхностно активное вещество) произошла пермеабилизация мембран клеток, что и позволило целевому белку транспортироваться в культуральную жидкость.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, № 19-44-220010 р_а, «Изучение влияния N-концевой последовательности на синтез, локализацию и активность рекомбинантного химозина лося». Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (номер темы: FZMW-2020–0002, «Разработка продуцентов рекомбинантных ферментов для сыроделия»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленькая С. В., Ельчанинов В. В., Щербаков Д. Н. Получение рекомбинантных аналогов прохимозинов Vicugna pacos и Camelus ferus в системе *E. coli* // IV Международная конференция молодых ученых: биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов (Новосибирск, 2017) : сб. тез. — Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2017. — С. 3–5.

2. Ельчанинов В. В. Исследование молокосвертывающего фермента из сычугов северных оленей : дис. … канд. техн. наук. — Кемерово, 2006. — 172 с.

3. Birkkjaer H., Jonk P. Technological suitability of calf rennet substitutes // International Dairy Federation Bulletin, 1985. — № 194. — P. 8–13.

4. Emtage J. S, Angal S., Doel M. T. et al. Synthesis of calf prochymosin (prorennin) in Escherichia coli // Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1983. — Vol. 80. — P. 3671–3675.

5. Harboe M., Broe M. L., Qvist K. B. In: Technology of Cheesemaking. Law B. A., Tamime A. Y., Eds., Wiley-Blackwell., 2010, Ch. 3. The Production, Action and Application of Rennet and Coagulants. — P. 98–129

6. Nakamoto Hitoshi, James C. A. Bardwell. Catalysis of disulfide bond formation and isomerization in the Escherichia coli periplasm // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Molecular Cell Research, 2004. — Vol. 1694. — P. 111–119.

7. Palmer D. S., Christensen A. U., Sørensen J., Celik L., Qvist K. B., Schiøtt B. Bovine chymosin: a computational study of recognition and binding of bovine kappa-casein // Biochemistry, 2010. — Vol. 49. — № 11. — P. 2563–2573.

8. Zhang Z., Huang H. L. Escherichia coli disulfide-forming related proteins: structures, functions and their application in gene engineering for expressing heterologous proteins in Escherichia coli // Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao, 2002. — Vol. 18 (3). — P. 261–266.

9. Zhuo X. F., Zhang Y. Y., Guan Y. X., Yao S. J. Co-expression of disulfide oxidoreductases DsbA/DsbC markedly enhanced soluble and functional expression of reteplase in Escherichia coli // J. Biotechnol, 2014. — 192 Pt A. — P. 197–203.

УДК 579.66

ПРОБИОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШТАММА МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ *LACTOBACILIUS RHAMNOSUS*

О. Н. Булашко

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

В данном исследовании был изучен штамм молочнокислых бактерий *Lactobacillus Rhamnosus* на пробиотическую активность согласно методическим указаниям МУ 2.3.2.2789–10 по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, используемых для производства пищевых продуктов.

Ключевые слова: пробиотики, молочнокислые бактерии, метаболиты, микробиом, штамм

Промышленные продукты питания в последние годы увеличили использование химических добавок в составах. Однако потребители все больше и больше беспокоятся об использовании этих химических добавок в своем рационе. По этой причине существует тенденция к поиску натуральных и свежих продуктов без химических консервантов. Этот факт, связанный с растущим спросом на продукты с минимальной обработкой, стимулировал поиск эффективных натуральных консервантов, среди которых антибактериальные соединения, такие как бактериоцины, удовлетворяют этим требованиям. Бактериоцины — это пептиды или белки, синтезируемые внутри рибосом и высвобождаемые во внеклеточную среду грамположительными и грамотрицательными микроорганизмами. Среди молочнокислых бактерий самая большая группа — это род *Lactobacillus*, который включает более 150 различных видов.

Цель исследования — изучить пробиотические свойства штамма *Lactobacillus Rhamnosus* для дальнейшей идентификации бактериоцина.

Материалы и методы исследования. На антимикробную активность изначально было исследовано 25 штаммов молочнокислых бактерий, из которых *Lactobacillus Rhamnosus* показал лучший результат (зона ингибирования патогенной флоры составила 42 мм). Поэтому именно этот штамм был выбран для настоящего исследования.

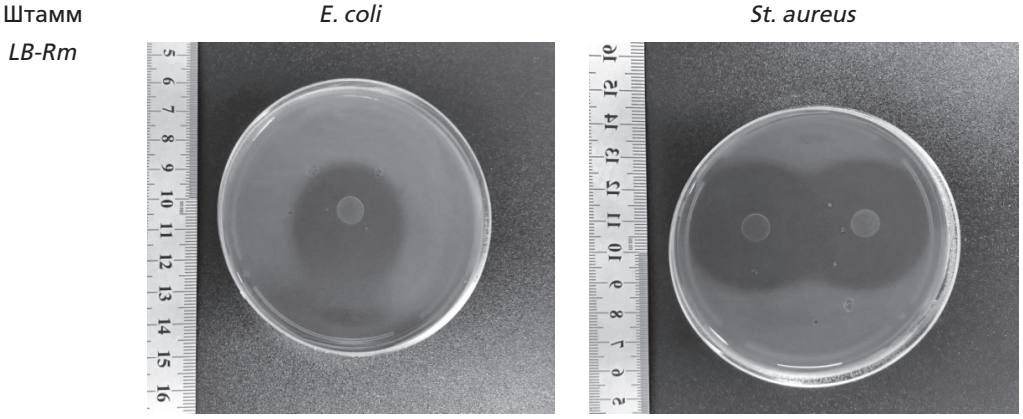
Антагонистическая активность штамма бактерий. Из флакона с 1-й генерацией выросшей культуры делали пересев с помощью стерильной стеклянной градуированной пипетки в стерильный флакон питательной средой MRS из расчета 5% к объему среды. Инкубировали в термостате при 37 °С. Проводили контроль стерильности посева и определяли количество жизнеспособных клеток глубинным методом посева в жидкие и полужидкие питательные среды в пробирках либо поверхностным методом по ГОСТ Р 56139–2014. Исследование проводилось методом диффузии в агар с измерением зоны подавления роста тест-культуры. Результат считался положительным, если зона ингибирования была диаметром >10 мм. Результаты исследования представлены на рисунке.

Каталазная активность штамма. Сущность метода заключается в обнаружении выделения пузырей кислорода при добавлении 10%-ной перекиси водорода к колонии или суспензии клеток исследуемого штамма, которое свидетельствует о продукции каталазы. Облигатные анаэробы и многие микроаэрофилы каталазу не образуют.

Устойчивость штамма к действию желчи и искусственного желудочного сока. Выдерживали 1 мл культуры в растворе 0,3% желчи КРС и в искусственном желудочном соке при 37±2 °С в течение 2 ч, высевали образцы перед термостатированием и по окончании двухчасовой экспозиции. Регистрацию результатов проиводили в виде подсчета количества жизнеспособных бактерий, которые дают колонию.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке показаны зоны ингибирования против патогенов *E. coli* и *St. Aureus.*

Результат является максимальным показателем из всех известных на данное время среди изученных штаммов молочнокислых бактерий. Поэтому можно считать, что данный штамм обладает бактериоцинными свойствами, которые мы в дальнейшем планируем изучать при помощи метода хромотографии. По каталазной активности штамма происходило выделение кислорода, хорошо заметное по образованию пузырьков газа, наблюдалось у тест-штамма с положительным контролем — *S. Aureus,* у исследуемого штамма LB- Rm выделения кислорода не было.



Зоны ингибирования против *E. coli* и *St. aureus*

Устойчивость штамма к действию желчи и искусственного желудочного сока нестабильна. При высеве на численность в желчи сохранилось количество колоний до 10^9 КОЕ, а в желудочном соке до 10^6 КОЕ. Спустя 2 часа термостатирования при 37 °С в желчи численность составляла $5*10^8$ КОЕ, а в желудочном соке произошло полное ингибирование культуры.

Выводы. *Lactobacillus Rhamnosus* в целом проявил себя как достаточно мощный и перспективный штамм для применения как в пищу благодаря своим бактерицидным свойствам, так и в фармацевтике — альтернатива антибиотикам. Более широкий интерес к нашим дальнейшим исследованиям выражает пищевая промышленность в целях использования данного штамма бактерий в качестве природного консерванта. Это обеспечит населению более качественную и натуральную продукцию благодаря ее пробиотическим свойствам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блинкова Л. П., Машенцева Н. Г., Хорольский В. В. и др. Биотехнологические условия синтеза бактериоцинов // Журн. Микробиол., 2006. — № 2, — С. 83–89.

2. Онищенко Г. Г. Методические указания по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, используемых для производства пищевых продуктов. — М., 2011. — 37 с.

3. Постникова Е. А., Ефимов Б. А., Володин Н. Н. и др. Поиск перспективных штаммов бифидобактерий и лактобацилл для разработки новых биопрепаратов // Журн. Микробиол., 2004. — № 2. — С. 64–69.

УДК 637.52

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУКИ ИЗ ТОПИНАМБУРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

М. А. Вайтанис[1,2], З. Р. Ходырева[1,2]

[1] Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

[2] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Рассматриваются вопросы, касающиеся разработки рецептур мясорастительного фарша на основе мяса индейки с добавлением муки из топинамбура, а также определения количества внесения растительного сырья, обеспечивающего наилучшие органолептические и функционально-технологические показатели. Для реализации поставленной цели были разработаны рецептуры фарша на основе мяса индейки с добавлением муки из топинамбура. Проведена оценка органолептических и основных функционально-технологических показателей мясных фаршей с добавлением муки из топинамбура в сравнении с контролем. Установлено количество внесения муки из топинамбура в мясной фарш. Результаты исследования подтверждают, что добавление муки из топинамбура в фарш на основе мяса индейки позволяет улучшить органолептические и функционально-технологические показатели качества. Проведена дегустация выработанных изделий (котлеты) из мясорастительного фарша из индейки с добавлением 20% муки из топинамбура и определены микробиологические показатели в сравнении с контролем. Использование муки из топинамбура в производстве мясных рубленых полуфабрикатов является перспективным направлением и позволяет расширить ассортимент комбинированных мясных полуфабрикатов и обогатить их биологически ценными веществами.

Ключевые слова: мясо индейки, мясной фарш, мука из топинамбура, органолептические и функционально-технологические показатели

Важный фактор, который определяет здоровье человека, — правильное и сбалансированное питание. Все больше людей стараются питаться правильно, поскольку информация о пользе здорового рациона питания имеет широкое распространение.

Мясо индейки содержит небольшое количество жиров, отличающихся высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, практически не содержит холестерин (72 мг), что свидетельствует о его диетических свойствах, кроме того, оно гипоаллергенно. Мясо индейки содержит витамины А, Е, D, витамины группы В, макроэлементы — калий, натрий, магний, кальций, фосфор, селен, железо, цинк [2–7]. Если сопоставить с куриным мясом, у мяса индейки содержание витаминов группы В, Е и А значительно больше [6].

Блюда с мясом индейки имеют высокую пищевую ценность, обеспечивают организм необходимыми пищевыми веществами. Качество мяса индейки позволяет использовать его для разработки диетических, детских, лечебно-профилактических и функциональных блюд. Мясо индейки обладает рядом положительных качеств, например, его не запрещено употреблять людям с различными религиозными взглядами [2–7].

Мясные рубленые изделия обогащают разными видами растительного сырья с целью повышения пищевой ценности готовых изделий, улучшения технологических свойств фаршевой смеси, а также для расширения имеющегося ассортимента [13, 14]. Для обогащения мясных рубленых изделий на основе мяса индейки одним из перспективным является использование муки из топинамбура.

Топинамбур содержит до 20% сухих веществ, среди них образуется до 80% инулина. Инулин способствуют выведению из организма тяжелых металлов, радионуклидов, токсичных химических соединений, стимулирует сократительную способность кишечной стенки. Топинамбур является сбалан-

сированным продуктом благодаря содержанию пищевых веществ. Его клубни состоят из углеводов (от 58 до 68%), содержат незаменимые аминокислоты, 2,5% перевариваемого белка, витамины, биофильные микроэлементами. Также в топинамбуре присутствует около 6% клетчатки, которая помогает работе кишечника. Клубни топинамбура содержат в 5 раз больше аскорбиновой кислоты (98–108 мг%), чем картофель. Отмечается высокое содержание железа, калия, фосфора, кальция и других веществ [6].

Постановка задачи. Экспериментальные исследования были реализованы на базе Центра комплексных исследований и экспертной оценки пищевой продукции «АлтайБиоЛакт».

Целью данной работы является разработка рецептур рубленых изделий, выработанных на основе мяса индейки с растительным компонентом. В соответствии с поставленной целью были выделены следующие задачи:

— исследовать целесообразность использования муки из топинамбура в производстве мясных изделий;
— разработать рецептуру мясорастительного фарша на основе мяса индейки с мукой из топинамбура;
— исследовать качество фаршевой системы с растительным сырьем в сравнении с контрольным образцом;
— определить количество внесения муки из топинамбура в фарш на основе мяса индейки, обеспечивающее наилучшие органолептические и функционально-технологические показатели;
— провести дегустационную оценку рубленых изделий (котлеты);
— исследовать микробиологические показатели рубленых изделий.

Материалы и методы. В качестве материалов исследований использовали мясо индейки, по качеству соответствующее требованиям ГОСТ 31473–2012 [9], муку из топинамбура (производитель ООО «Успех» по ТУ 10.89.19–001–20852136–2019).

Органолептические показатели определяли в соответствии с ГОСТ 9959–2015 [8]. Влагоудерживающую способность (ВУС) определяли с помощью молочного жиромера, pH потенциометрическим методом. Определение жироудерживающей способности (ЖУС) осуществляли методом определения массовой доли жира в образце после термообработки [1]. Микробиологические показатели определяли по ГОСТ Р 54354–2011 [10].

Результаты исследования. В фаршевую систему на основе мяса индейки добавляли до 30% муки из топинамбура взамен мясной части с целью установления количества растительного компонента, обеспечивающего наилучшие показатели качества. Таким образом было подготовлено шесть образцов, в сравнении с контролем, для проведения органолептических и функционально-технологических показателей.

Для получения более сочных и нежных изделий при приготовлении фарша добавляли определенное количество капусты брокколи. Но для прочного связывания влаги в фарш необходимо добавлять соответствующие ингредиенты. В рецептуре контрольного образца для этих целей использовали хлеб. Он способен связывать воду за счет содержания глютена и крахмала. Мука из топинамбура, как и хлеб, содержит крахмал, но не содержит глютен, что позволяет использовать фарш для приготовления блюд при безглютеновой диете [3, 4].

При проведении органолептической оценки исследуемых образцов фарша отмечено: внесение муки из топинамбура в количестве от 25% до 30% плохо отражается на консистенции фаршевой системы, которая становится крошливой (рис. 1). Кроме того, наблюдается изменение цвета образцов модельных фаршей. Выраженный коричневый и темно-коричневый цвет отмечается у образцов с добавлением 25% и 30% муки из топинамбура. Оптимальным по органолептическим показателям можно выделить образцы с добавлением муки 15% и 20%.

Внесение муки из топинамбура способствует увеличению функционально-технологических свойств фаршевой системы в образцах в сравнении с контролем, что важно для качества готовых рубленых изделий (рис. 2).

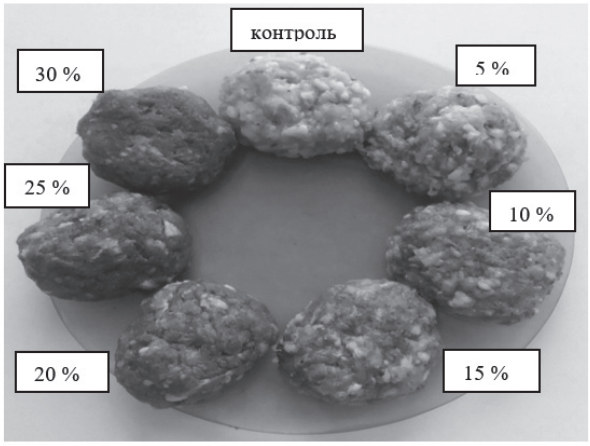


Рис. 1. Образцы модельных фаршей на основе мяса индейки с добавлением муки из топинамбура в сравнении с контролем

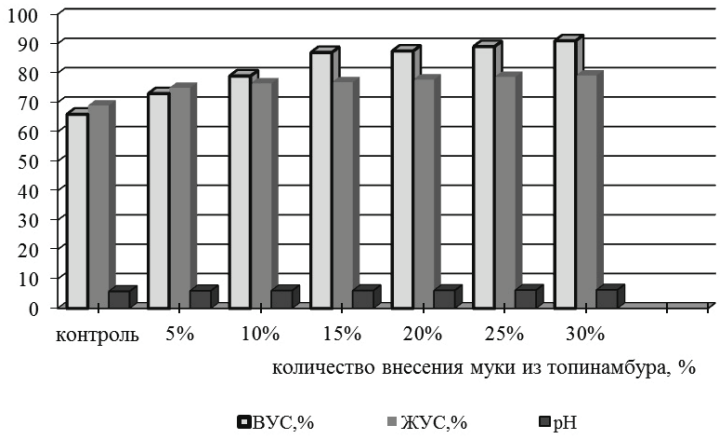


Рис. 2. Функционально-технологические показатели фарша на основе мяса индейки с мукой из топинамбура

Из рисунка 2 видно, что добавление муки из топинамбура в фаршевую систему на основе мяса индейки изменяет влагоудерживающую способность на 7,0–25%, жироудерживающую способность — на 6,0–10,2%, pH — на 0,22–0,52 ед. Высокие значения по функционально-технологическим показателям отмечаются у образцов с внесением 25% и 30% муки. Но данные образцы были отбракованы по органолептическим характеристикам: консистенция и цвет фаршевой системы.

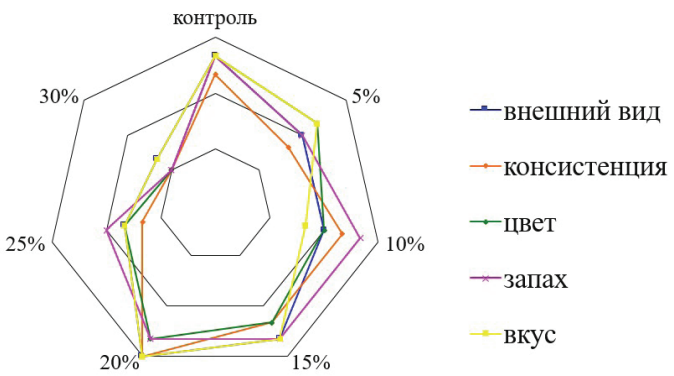


Рис. 3. Профилограмма органолептической оценки котлет на основе мяса индейки с мукой из топинамбура

Из шести образцов фаршевой смеси на основе мяса индейки с мукой из топинамбура были выработаны котлеты и проведена сравнительная дегустационная оценка. Результаты дегустационной оценки представлены в виде профилограммы (рис. 3).

На рисунке 3 видно, что наибольшее количество баллов по всем органолептическим показателям получил образец с добавлением муки из топинамбура в количестве 20%. Котлеты, выработанные из мяса индейки с добавлением муки из топинамбура в количестве 20% имеют мягкую, сочную консистенцию, отмечается нежный вкус, запах — свойственный ингредиентам, входящим в рецептуру. На разрезе видна однородная масса, свойственная хорошо промешанному фаршу.

Были исследованы микробиологические показатели рубленых изделий (котлеты), результаты которых представлены в таблице.

Микробиологические показатели рубленых изделий

Показатели	Допустимые уровни	Котлеты из мяса индейки без добавления муки из топинамбура (контрольный образец)	Котлеты из мяса индейки с добавлением 20% муки из топинамбура
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$2 \cdot 10^6$	1	1
БГКП, г/см^3 в 0,0001 г	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Плесень, КОЕ/г, не более	500	Не обнаружено	Не обнаружено

По микробиологическим показателям рубленые изделия (котлеты) с внесением муки из топинамбура в количестве 20% не превышают предельно допустимые концентрации, предусмотренные ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013 [11, 12].

Выводы. Разработаны рецептуры мясорастительного фарша на основе индейки с мукой из топинамбура и проведена оценка качества фаршевых композиций в сравнении с контролем. Количество вносимой муки из топинамбура, необходимой для достижения лучших органолептических и функционально-технологических показателей фаршевой системы, составило 20% взамен мясной части. Разработаны рецептуры котлет на основе мяса индейки с мукой из топинамбура. Проведена дегустация выработанных изделий (котлеты) из мясорастительного фарша на основе мяса индейки с добавлением 20% муки из топинамбура и определены микробиологические показатели в сравнении с контролем. Использование муки из топинамбура в производстве мясных рубленых полуфабрикатов является перспективным направлением и позволяет расширить ассортимент комбинированных мясных полуфабрикатов и обогатить их биологически ценными веществами.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № 075–00316–20–01 от 21.02.2020; мнемокод 0611–2020–013; номер темы FZMM-2020–0013).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогова И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М. : Колос, 2001. 376 с.

2. Баркова В. Г., Величко Н. А., Иванова О. В. Разработка рецептуры мясорастительного паштета из мяса индейки // Вестник КрасГАУ, 2019. — № 5. — С. 167–173.

3. Вайтанис М. А., Ходырева З. Р. Использование конопляной муки при производстве мясных рубленых полуфабрикатов // Вестник КрасГАУ, 2021. — № 1. — С. 126–133. URL: https://doi.org/10.36718/1819–4036–2021–1–126–133.

4. Исследования производства мяса индейки для продуктов детского питания / Е. Н. Аракчеева [и др.] // Научный журнал КубГАУ, 2020. — № 162. — С. 247–259. URL: http://dx.doi.org/10.21515/1990–4665–162–018.

5. Моисеева Н. С., Инербаева Н. С. Исследование биохимического состава продуктов из мяса индейки // Вестн. КрасГАУ, 2014. — № 8. — С. 207–209.

6. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских продуктов питания : справочник. М. : ДеЛипринт, 2002. 236 с.

7. Черненков Е. Н., Черненкова А. А., Калужина О. Ю. Оценка качества купат из мяса индейки с добавлением пшеничного талкана // Все о мясе, 2020. — № 5. — С. 395–398. URL: https://doi.org/10.21323/2071–2499–2020–5S-395–398.

8. ГОСТ 9959–2015. Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. М., 2015.

9. ГОСТ 31473–2012. Мясо индеек (тушки и их части). Общие технические условия. М., 2012.

10 ГОСТ Р 54354–2011. Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа. М., 2013.

11. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. М., 2011.

12. ТР ТС 034/2013. О безопасности мяса и мясной продукции. М., 2013.

13. Breast meat quality of turkey breeder hens at disposal age affected by deep pectoral myopathy / É. N. F. Cavalcanti [et al.] // Poultry Science, 2021. 101259. URL: https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101259.

14. Effect of gender on breast and thigh turkey meat quality / F. Gálvez [et al.] // British Poultry Science, 2018. — Vol. 59. — № 4. — P. 408–415. URL: https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1465177.

УДК 663.25

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА БИОПОЛИМЕРЫ ВИНА ИЗ ВИНОГРАДА СИБИРСКИХ СОРТОВ

К. А. Геращенко, Н. А. Величко

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

Основной причиной ухудшения товарного вида вин является образование комплекса биополимеров с участием высокомолекулярных соединений — пектиновых веществ, целлюлозы, гемицеллюлозы, а также белков и фенольных веществ. Для этого винодельческие предприятия применяют ферментные препараты. Ферменты используются в современной технологии производства вина для различных реакций биотрансформации — от предварительного брожения до ферментации, постферментации и выдержки вина. Промышленные ферменты обеспечивают количественные преимущества (увеличение выхода сока), качественные преимущества (улучшенное извлечение цвета и улучшение вкуса) и преимущества обработки (более короткое время мацерации, отстаивания и фильтрации) [1]. Плодовые вина, производимые по существующим технологиям, как правило, нестабильны при хранении и склонны к коллоидным помутнениям. Цель работы — исследовать влияние обработки пектолитическими (Vinoferm zymex, УВАЗИМ 1000 SL) и целлюлолитическими (Bryuzaim BGX) ферментными препаратами для оценки их гидролитической способности по отношению к биополимерам виноградных вин из винограда сибирских сортов. Ферментные препараты проявляют высокую гидролитическую активность по отношению к биополимерам вина [2]. Установлено, что ферментные препараты гидролизуют коллоиды виноматериала по-разному, поэтому устойчивость вина против коллоидных помутнений неодинакова. Анализ экспериментальных данных показал, что наибольшее содержание пектиновых веществ выявлено в виноматериалах из винограда сорта Зилга, наименьшее их содержание в виноматериалах из винограда сорта Таежный. Наибольшее содержание полисахаридов отмечено при использовании ферментного препарата Vinoferm zymex, наибольшее содержание биополимеров — при обработке ферментным препаратом УВАЗИМ 1000 SL. При внесении в мезгу препарата УВАЗИМ 1000 SL также отмечено увеличение количества фенольных веществ.

Ключевые слова: виноград, биополимеры, вино, ферментные препараты, гидролиз

Виноградные вина, производимые по существующим технологиям, как правило, нестабильны при хранении и склонны к коллоидным помутнениям. Основной причиной нарушения товарного вида плодовых вин является образование комплекса биополимеров с участием высокомолекулярных соединений, в том числе протопектина, целлюлозы, гемицеллюлозы, а также белков и фенольных веществ [4]. Чтобы предотвратить склонность к коллоидным помутнениям, винодельческие предприятия применяют ферментные препараты. Ферменты используются в современной технологии производства вина для различных реакций биотрансформации — от предварительного брожения до ферментации, постферментации и выдержки вина [2]. Промышленные ферменты обеспечивают количественные преимущества (увеличение выхода сока), качественные преимущества (улучшенное извлечение цвета и улучшение вкуса) и преимущества обработки (более короткое время мацерации, отстаивания и фильтрации) [3].

Цель работы — исследовать влияние обработки пектолитическими (Vinoferm zymex, УВАЗИМ 1000 SL) и целлюлолитическими (Bryuzaim BGX) ферментными препаратами для оценки их гидролитической способности по отношению к биополимерам виноградных вин из винограда сибирских сортов.

Объектами исследований служили красные столовые виноматериалы из винограда сибирских сортов. Для трансформации комплекса биополимеров применяли ферментные препараты пектолитические (Vinoferm zymex, УВАЗИМ 1000 SL) и целлюлолитические (Bryuzaim BGX). Для исследования состава комплекса биополимеров винограда использовали методику, применяемую для анализа виноградных вин [5].

Исследование состава высокомолекулярных соединений виноградных вин, изготовленных из винограда сибирских сортов, свидетельствует о преобладании полисахаридов, в том числе пектиновых веществ, оказывающих большое влияние на выход сока при переработке винограда [1]. В состав высокомолекулярных соединений виноградных вин, кроме пектиновых соединений, входят компоненты фенольного комплекса (таблица 1).

Таблица 1

Содержание высокомолекулярных соединений в виноматериалах из сибирских сортов винограда

Сорта винограда	Содержание, мг/дм³		
	антоцианы	флаваноиды	сумма пектиновых веществ
Магарача	36,1±5,6	38,4±2,5	830±24
Таежный	32,9±3,6	37,3±1,2	810±16
ЧБС	17,2±1,3	34,3±2,3	820±14
Зилга	49,9±2,0	48,7±1,5	850±26

Наибольшее содержание пектиновых веществ выявлено в виноматериалах из винограда сорта Зилга, наименьшие их содержание — в виноматериалах из винограда сорта Таежный.

Высокое содержание (810–850 мг/дм³) пектиновых веществ свидетельствует о целесообразности применения ферментных препаратов пектолитического действия в целях разрушения пектиновых веществ и повышения выхода сока. Отмечено, что использование ферментных препаратов позволило увеличить массовую концентрацию сахаров, очевидно, за счет ферментативного гидролиза полисахаридов или увеличения выхода экстрактивных веществ.

Анализ экспериментальных данных, приведенных в таблице 2, свидетельствует о различной степени гидролиза высокомолекулярных соединений, в том числе биополимеров. Наибольшее содержание полисахаридов отмечено при использовании ферментного препарата Vinoferm zymex. Наибольшее содержание биополимеров — при обработке ферментным препаратом УВАЗИМ 1000 SL. При внесении в мезгу препарата УВАЗИМ 1000 SL также отмечено увеличение количества фенольных веществ.

Таблица 2

Влияние ферментных препаратов на физико-химические показатели виноградного сусла

Ферментный препарат	Содержание, мг/дм³			
	массовая концентрация сахаров, г/100 см³	фенольные вещества	полисахариды	биополимеры
Сорт винограда	Магарача			
Vinoferm zymex	19,0	163	780	40,4
УВАЗИМ 1000 SL	19,0	158	730	42,0
Bryuzaim BGX	0,17	162	670	27,6
Контроль	18,7	166	850	56,9
Сорт виограда	Таежный			
Vinoferm zymex	21,2	316	860	33,7
УВАЗИМ 1000 SL	22,6	332	760	36,8
Bryuzaim BGX	23,2	276	840	34,2
Крнтроль	21,1	254	810	66,7
Сорт винограда	ЧБС			
Vinoferm zymex	18,0	198	750	48,4
УВАЗИМ 1000 SL	19,0	210	720	52,0
Bryuzaim BGX	0,12	160	670	30,6
Контроль	16,8	190	710	59,9
Сорт винограда	Зилга			
Vinoferm zymex	22,2	313	800	44,7
УВАЗИМ 1000 SL	22,6	320	760	40,5
Bryuzaim BGX	23,2	258	780	35,1
Контроль	21,4	248	810	57,7

Выводы. Таким образом, полученные результаты исследований позволяют рекомендовать для производства и стабилизации красных столовых виноматериалов ферментный препарат УВАЗИМ 1000 SL. Установлено, что ферментные препараты обеспечивают эффективный гидролиз комплекса биополимеров вина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баланов П. Е., Смотраева И. В. Промышленное производство вина. Ч. 2 : учеб. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 82 с.

2. Датунашвили Е. Н., Гержикова В. Г., Бойко В. А., Сонина Е. Г. Деградация биополимеров под действием ферментных систем дрожжей // Биотехнологические основы совершенствования производства и переработки винограда, 1991. — С. 6–16.

3. Мартазанова Р. М. Разработка технологии плодовых вин на основе ферментативного катализа полимеров плодово-ягодного сырья : автореф. дисс. … канд. техн. наук. — М. : 2009. — 24 с.

4. Чурсина О. А. Характеристика комплексов биополимеров вин различных типов // Виноградарство и виноделие : сб. науч. тр. НИВиВ «Магарач», 2009. — Т. XXXIX. — С. 67–70.

5. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь : Таврида, 2002. — 258 с.

УДК 636.294:637.64

КОМПОЗИЦИЯ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПАНТОВ

И. Н. Гришаева, М. Г. Кротова

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Подобраны ингредиенты в состав композиции из пантового сырья для дальнейшего внесения в пищевые продукты. Предложены для улучшения ароматической составляющей: ароматизаторы — смородина, миндаль, карамель, для вкуса — цикорий, какао, в качестве наполнителя — стевиозид, сорбит, сахар. Изучены физико-химические показатели, органолептические свойства и биологическая ценность. По результатам исследования установлено, что содержание пантового экстракта в количестве 97,5% в комплексе со стевиозидом 2,0% и ароматизатором смородина 0,5% позволило получить композицию с низким содержанием углеводов и высокой биологической ценностью.

Ключевые слова: панты, композиция ингредиентов, стевиозид, биологическая ценность

Введение. Среди пищевых факторов, имеющих особое значение для здоровья, важнейшая роль принадлежит полноценному и регулярному снабжению организма человека всеми необходимыми микронутриентами: витаминами и жизненно важными минеральными веществами.

Реализация Концепции государственной политики в области здорового питания подразумевает разработку рецептур и технологий новых обогащенных продуктов, позволяющих при их регулярном потреблении ликвидировать дефицит нутриентов.

Усиление тенденции к здоровому образу жизни в России привело к тому, что потребители стали уделять больше внимания правильному режиму и рациону питания. Вследствие этого вырос интерес к потреблению продуктов специального назначения, обогащенных определенными функциональными ингредиентами, из которых в Сибирском регионе 5 наиболее актуальны и крайне необходимы для использования в питании населения: йод, кальций, железо, витамины, аминокислоты.

Препараты на основе продуктов пантового оленеводства являются наиболее эффективными и безопасными адаптогенами. Они содержат минеральные соли, сложные органические соединения, ферменты, гормоноподобные вещества, витамины и аминокислоты. Их применение, как известно, повышает энергетику организма, улучшает кровоток, способствует регенерации тканей, особенно эффективно ускоряет восстановление мышечной ткани после ее повреждения в результате интенсивных физических нагрузок, а также замедляет процессы старения организма.

В связи с этим обоснована актуальность разработки композиции ингредиентов на основе пантового сырья для обогащения наиболее потребляемых продуктов органического происхождения, физиологическая доступность которых соответствует особенностям настроек физиолого-биохимических механизмов человеческого организма, а также продиктована необходимостью укрепления и расширения технологической базы для производства функциональных продуктов на их основе.

Материалы и методы. Исследование проведено в лаборатории переработки и сертификации пантовой продукции ФГБНУ ФАНЦА. Материалом исследования служили образцы композиций ингредиентов на основе пантового экстракта. Технология получения основана на применении нового ультразвукового аппарата «Волна» М УЗТА-1/22ОМ и ферментов микробного происхождения. Для создания вкусовой композиции провели апробирование сахара и сахарозаменителей. В качестве заменителей сахара изучили стевиозид в концентрации 2 и 5%; сорбит и сахар в соотношении к гидролизатам 1:1, 1:2. Для улучшения органолептических показателей биосубстанций провели опыт по добавлению в рецептуру пищевых добавок: цикория в концентрации от 1 до 5% и порошка какао в концентрации от 1 до 50% и пищевых ароматизаторов: миндаль, смородина, карамель.

На завершающем этапе проводили органолептическую оценку полученных композиций путем визуального осмотра и дегустации полученных образцов по ГОСТ 6687.5–86. Проведен физико-химический анализ биосубстанций, дана оценка биологической ценности. Результаты исследования проанализированы с помощью методов вариационной статистики на персональном компьютере.

Результаты. Ранее разработанные технологии получения водного пантового экстракта для создания на их основе пищевых продуктов позволяют получать качественные продукты, но они обладают одним недостатком: это специфический вкус и запах. С целью исправления этих пороков вносили дополнительные ингредиенты.

Применяли три вида ароматизаторов: смородина, миндаль и карамель и 2 пищевые добавки — цикорий и какао. При проведении дегустации было установлено, что наибольший балл получил образец с ароматизатором смородина (4,8). При добавлении пищевой добавки цикорий и какао образовывался осадок в виде хлопьев. В связи с чем данные продукты были исключены из эксперимента.

Для придания приятного вкуса применяли три вида наполнителей: стевиозид, сорбит, сахар. По классификации Международной ассоциации производителей подсластителей и низкокалорийных продуктов (Calorie Control Council) к группе сахарозаменителей относят фруктозу, ксилит и сорбит. Они полностью усваиваются организмом и, как обычный сахар, насыщают энергией. Они безопасны, но калорийны. В отдельную группу интенсивных подсластителей входят стевиозид, лактулоза и другие. Они не усваиваются организмом и не имеют энергетической ценности.

Стевиозид имеет ряд преимуществ перед синтетическими подсластителями, поскольку наряду с удовлетворительным интенсивным сладким вкусом обладает полезными терапевтическими свойствами. Клинически доказано, что гликозиды стевии проявляют антиаллергизирующее [7], сахароснижающее [8], гипотензивное [10], противомикробное [11], общетонизирующее действие [9]. Сладкий вкус травы обусловлен наличием сладких дитерпеновых гликозидов (СДГ) неуглеводной природы 10% стевиозида [2].

В России уже имеется опыт применения листьев стевии при производстве молочных функциональных продуктов. Помимо лечебно-диетической ценности, стевиозид обладает и высокими технологическими свойствами: хорошая растворимость в молочном сырье, стабильность при термообработке и хранении в кислой среде, приятный сладкий вкус, способствует развитию молочнокислой флоры [3–6]. Поэтому разработка пантового продукта со стевиозидом, обладающим не только подслащивающими, но и полезными фармакологическими свойствами, является актуальной задачей.

Сегодня применение сорбита в производстве пищевых продуктов приветствуется: научный комитет экспертов по пищевым добавкам Европейского сообщества присвоил ему статус пищевого продукта. Сорбит помогает организму снижать расход витаминов, способствует улучшению микрофлоры ЖКТ. Продукты на основе сорбита долго хранятся. Простой сахар слаще сорбита в 3 раза [1].

В ходе исследования разработано 6 образцов с гидролизатом из пантов и дополнительными ингредиентами (табл. 1).

Таблица 1

Схема получения образцов,%

Образцы	Пантовый экстракт	Стевиозид	Сахар	Сорбит	Ароматизатор
1	94,5	5,0	—	—	0,5
2	33,1	—	66,4	—	0,5
3	47,5	—	—	47,5	0,5
4	97,5	2,0	—	—	0,5
5	49,7	—	49,7	—	0,5
6	66,0	—	—	33,5	0,5

Оценку качества полученных образцов проводили по физико-химическим показателям, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели образцов

Образец	Компонент	Соотношение экстракт: наполнитель	pH	Сухое вещество,%	Массовая доля углеводов,%
2	Сахар	1:2	6,90	73,4	65,7
5	Сахар	1:1	7,57	48,3	49,2
6	Сорбит	1:2	7,40	49,2	31,6
3	Сорбит	1:1	7,31	26,7	44,8
1	Стевиозид	5%	6,31	6,2	3,4
4	Стевиозид	2%	6,68	3,0	1,4

Анализируя физико-химические показатели, установили, что кислотность водных растворов находится в пределах pH — 6,31–7,40 в диапазоне нейтральной среды и соответствует уровню обычной воды. Массовая доля сухих веществ в образцах прямо пропорциональна количеству вносимых дополнительных ингредиентов, так, в образцах 2 и 5 уровень сахара отличается в 2 раза, равно как и количество сухих веществ в 1,5 раза, стевиозид в 2 раза, сорбит в 1,8 раза.

Решением важной задачи по исправлению вкуса и запаха образцов являлось изучение органолептических показателей (табл. 3).

По результатам органолептических исследований установлено, что образцы 1 и 4 со стевиозидом сладкие и цвет 1 образца коричнево-зеленоватый. Остальные образцы имели приятный вкус и цвет. Наибольший балл получили образцы 4, 3 и 5.

Таблица 3

Органолептические показатели

Образец	Компонент	Соотношение экстракт: наполнитель	Результат
2	Сахар	1:2	Консистенция сиропа, приторно-сладкий, цвет светло-коричневый
5	Сахар	1:1	Консистенция жидкая, умеренно сладкий вкус, цвет карамельный
6	Сорбит	1:2	Консистенция жидкая, умеренно сладкий вкус, цвет карамельный
3	Сорбит	1:1	Консистенция жидкая, приторно-сладкий вкус, цвет карамельный
1	Стевиозид	5%	Консистенция жидкая, как водный экстракт, слишком сладкий, горьковатый вкус, цвет коричнево-зеленый
4	Стевиозид	2%	Консистенция жидкая, как водный экстракт, очень сладкий, приятный вкус, цвет коричневый

Согласно полученным данным, для образцов показатель относительной биологической ценности составлял от 100 до 413,3%, при этом генерация инфузорий в течение суток составляла от 15 до 62 особей. В образцах 1 и 4 генерация была максимальна и составила 55 и 62 особи.

Таблица 4

Общая биологическая ценность образцов

Образец	Компонент	Соотношение экстракт: наполнитель	Количество	% к контролю
0	Гидролизат пантов	—	15±2	100
2	Сахар	1:2	Гибель	—
5	Сахар	1:1	Гибель	—
6	Сорбит	1:2	16±3	106,6
3	Сорбит	1:1	15±2	100
1	Стевиозид	5%	55±3	366,6
4	Стевиозид	2%	62±5	413,3

Данная тенденция свидетельствует о том, что соединение пантового гидролизата со стевиозидом благотворно влияет на динамику роста и развития живой клетки. Применение сорбита в составе образцов не изменило ОБЦ по сравнению с контролем, в отличие от образцов с сахаром, где наблюдалась полная гибель инфузорий, что, возможно, обусловлено высокой концентрацией дополнительного продукта.

Таким образом, композиция из пантового сырья для внесения в пищевые продукты содержит: пантовый экстракт в количестве 97,5%, стевиозид — 2,0%, ароматизатор смородина — 0,5%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егорова И. А., Комарова С. Г. О пользе и вреде сахаразаменителей // Успехи в химии и химической технологии, 2015. — № 2 (161).

2. Каххорова С. И. К., Кароматов И. Д. Пищевое и лекарственное растение стевия (обзор литературы) // Биология и интегративная медицина, 2017. — № 11. — С. 107–125.

3. Костина В. В. Натуральный подсластитель — стевиозид // Молочная промышленность, 2004. — № 1. — С. 44–45.

4. Полянский К. К., Подпорина Г. К., Богомолов Д. М. Производство пищевых продуктов с использованием натурального подсластителя из стевии // Пищевая промышленность, 2004. — № 7. — С. 80–81.

5. Полянский К. К., Подпорина Г. К., Богомолов Д. М. Стевия в продуктах целебно-профилактического назначения // Пищевая промышленность, 2005. — Т. 5. — С. 58.

6. Родионова Н. С. Стевия в технологии функциональных молочных продуктов // Известия вузов. Пищевая технология, 2000. — № 4. — С. 38–40.

7. Ghanshyam B. Dudhatra., Shailesh K. Mody, Madhavi M. Awale, Hitesh B. Patel, Chirag M. Modi, Avinash Kumar, Divyesh R. Kamani, Bhavesh N. Chauhan. A Comprehensive Review on Pharmacotherapeutics of Herbal Bioenhancers // ScientificWorldJournal, 2012. — № 17. URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3458266/.

8. Jeppesen P. B. Gregersen S, Alstrup KK, Hermansen K. Stevioside induces antihyperglycaemic, insulinotropic and glucagonostatic effects in vivo: studies in the diabetic Goto-Kakizaki (GK) rats. Phytomedicine, 2002. — № 9 (1). — P. 9–14.

9. Kinghorn A. D., Soejarto D. D. Discovery of terpenoid and phenolic sweeteners from plants // Pure Applied Chemistry, 2002. — № 74 (7). — P. 1169–1179.

10. Liu J. C., Kao P. K., Chan P., Hsu Y. H., Hou C. C., Lien G. S., Hsieh M. H., Chen Y. J., Cheng J. T. Mechanism of the antihypertensive effect of stevioside in anesthetized dogs // Pharmacology, 2003. — № 67 (1). — P. 14–20.

11. Tomita T., Sato N., Arai T., Shiraishi H., Sato M., Takeuchi M., Kamio Y. Bactericidal activity of a fermented hot-water extract from Stevia rebaudiana Bertoni towards enterohemorrhagic Escherichia coli O157: H7 and other food-borne pathogenic bacteria. Microbiology and Immunology, 1997. — № 41 (12). — P. 1005–1009.

УДК 663.15:637.1

ПОПОЛНЕНИЕ «СИБИРСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ» НОВЫМИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ШТАММАМИ ЛАКТОКОККОВ

Р. В. Дорофеев, Т. Н. Орлова И. А., Функ, Е. Ф. Отт

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Объектом исследования являлись вновь выделенные штаммы лактококков из различных природных источников. Всего выделено 245 мезофильных молочнокислых бактерий. В результате исследований по технологически ценным свойствам было отобрано 24 перспективных штамма, на которые составлены паспорта. Региональные вновь выделенные штаммы лактококков включены в состав «Сибирской коллекции микроорганизмов».

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, лактококки, селекция, «Сибирская коллекция микроорганизмов», *Lactococcus spp.*

Введение. Молочнокислые бактерии являются наиболее важной группой микроорганизмов, которая используется при создании бактериальных заквасок для производства ферментированных молочных продуктов. Заквасочная молочнокислая микрофлора осуществляет биотрансформацию основных компонентов молока (углеводов, белков и жиров) с образованием веществ, обеспечивающих специфические свойства ферментированного молочного продукта. Важной функцией молочнокислых бактерий является подавление развития посторонних, в том числе патогенных, условно-патогенных и технически вредных микроорганизмов за счет образования специфических ингибиторных соединений, молочной кислоты и других органических кислот.

Штаммы лактобактерий, используемые для приготовления бактериальных заквасок, содержатся в крупных отраслевых коллекциях. Исследователи постоянно ведут селекционную работу по поиску новых штаммов молочнокислых бактерий с целью создания на их основе наиболее прогрессивных бактериальных препаратов. Мезофильные лактококки составляют основу большинства бактериальных препаратов. Выбор направления исследования по селекции технологически ценных штаммов молочнокислых бактерий актуален и в настоящее время [1].

В лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА создана «Сибирская коллекция микроорганизмов» (СКМ). Основу коллекции СКМ составляют штаммы молочнокислых бактерий, принадлежащие главным образом к тем видам, которые представляют интерес с точки зрения их практического использования в молочной промышленности. Помимо молочнокислых бактерий в коллекции содержатся микроорганизмы, также относящиеся к видам «дружественных человеку»: бифидо- и пропионовокислые бактерии. Коллекция СКМ постоянно пополняется полезной микрофлорой.

Коллекционные штаммы лактококков с течением времени (перевивка, хранение, сушка и др.) теряют важные технологически ценные свойства, которые являются основным элементом при создании бактериальных заквасок, используемых в производстве качественных ферментированных молочных продуктов. Кроме того, коллекционные штаммы лактококков подвергаются атакам бактериофагов, которые циркулируют в производственных условиях, поэтому требуется регулярно проводить ротацию бактериальных заквасок с включением новых штаммов молочнокислых бактерий с идентичными технологическими свойствами, но с разным фаготипом. Селекция молочнокислых бактерий необходима для пополнения коллекции СКМ новыми региональными штаммами лактобактерий.

Материалы и методы. Исследования по выделению и изучению свойств вновь выделенных штаммов молочнокислых бактерий выполняли в лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА.

Новые штаммы лактококков выделяли из естественных источников (молоко коровье, козье и др.) на территории Алтайского края. Селекция лактококков включала следующие этапы: выделение, иден-

тификация, отбор по технологически ценным свойствам, паспортизация и включение перспективных штаммов в коллекцию СКМ.

Изучение морфолого-культуральных, физиолого-биохимических и технологически ценных свойств молочнокислых бактерий осуществляли по методикам, прописанным в рекомендациях по селекции молочнокислых бактерий. Селекция лактококков включала тесты по ключевым признакам микроорганизмов, указанным в определителе Берджи [2, 3].

Результаты исследований. В течение 2020 г. было выделено 245 штаммов мезофильных молочнокислых бактерий.

Чистоту вновь выделенных штаммов микроорганизмов оценивали по морфологии колоний, выросших на плотной питательной среде, и микроскопическому препарату. Все выделенные штаммы были отнесены к грамположительным микроорганизмам.

Активность свертывания молока и органолептические свойства выделенных штаммов являются наиболее важными и решающими показателями, определяющими их пригодность для производства ферментированных молочных продуктов. По результатам анализа на свертывание молока и микроскопическому препарату было отобрано 24 штамма. Все штаммы свертывали молоко за 18 часов с образованием ровного, плотного сгустка, бактериальные клетки по микроскопическому препарату располагались в виде кокков, диплококков, коротких цепочек кокков. Исследуемые штаммы не образовывали каталазу.

Вновь выделенные молочнокислые бактерии активно сбраживали глюкозу, лактозу, мальтозу, фруктозу, галактозу и сахарозу. Ксилозу и раффинозу не сбраживали. Результаты сбраживания углеводов молочнокислыми бактериями представлены на рисунке 1.

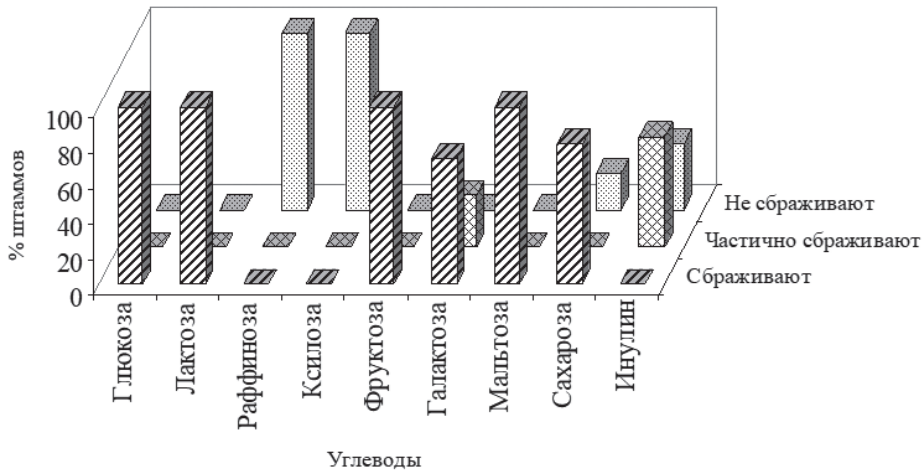


Рис. 1. Сбраживание углеводов вновь выделенными молочнокислыми бактериями

Выделенные 24 штамма молочнокислых бактерий не дали роста в питательном бульоне с активной кислотностью 9,2 ед. и 9,6 ед. pH. При селекции лактококков учитывали способность вновь выделенных штаммов гидролизовать аргинин. Положительную реакцию образования аммиака из аргинина показали все 24 исследуемых штамма. Тест выделенных штаммов на рост в лакмусовом молоке при (45±1) °С дал отрицательный результат. Способность восстанавливать лакмус в молоке при температуре (30±1) °С была отмечена у всех штаммов.

В результате исследования морфолого-культуральных и физиолого-биохимических свойств вновь выделенные 24 штамма мезофильных лактококков были отнесены к роду *Lactococcus spp*.

Отбор выделенных штаммов молочнокислых бактерий по технологически ценным свойствам является одним из важнейших критериев при создании бактериальных заквасок, используемых при производстве ферментированных молочных продуктов с заданными характеристиками.

Вновь выделенные 24 штамма молочнокислых бактерий были протестированы по технологически ценным свойствам на следующие показатели: определение титруемой кислотности, газообра-

зующая и ароматобразующая активность, терморезистентность, устойчивость к соли пищевой, антибиотикам, бактериофагам.

По результатам исследования титруемая кислотность вновь выделенных штаммов через 4 часа составила 32,53–54,50 °Т, через 24 часа — 82,33–99,17 °Т, через 7 суток 90–113,50 °Т. Результаты определения титруемой кислотности представлены на рисунке 2.

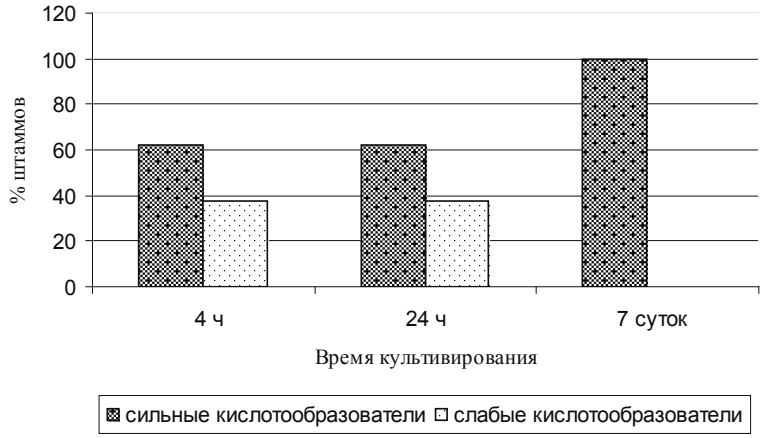


Рис. 2. Титруемая кислотность выделенных штаммов через 4 ч, 24 ч и 7 сут культивирования

При определении газообразующей и ароматобразующей активности 3 штамма обладали способностью к продуцированию диацетила и ацетоина, а 6 штаммов образовывали углекислоту (подъем сгустка от 0,30 до 0,55 см). На основании проведенных исследований 17 штаммов предварительно отнесены к гомоферментативным, 7 штаммов — к гетероферментативным.

Тест на терморезистентность необходим для определения способности микроорганизмов выдерживать определенную температуру на протяжении заданного времени. Исследования показали, что все выделенные лактококки (24 штамма) выдерживали нагревание в течение 30 мин при температуре (65±1) °С. Нагревание в течение 60 мин выдерживали 18 штаммов (75%), нагрев в течение 90 мин — 6 штаммов (25%).

Устойчивость лактококков к разным концентрациям пищевой соли (% NaCl) наиболее актуальна при производстве сыров. Исследуемые лактококки (24 штамма) показали рост в питательном бульоне с содержанием 2% и 4% NaCl. Концентрация 6,5% NaCl в среде оказала ингибирующее влияние на рост большинства тестируемых лактококков (79,2%): у 17 штаммов отмечали слабый рост, а у двух штаммов отсутствовал рост в питательном бульоне с концентрацией соли 6,5%.

Наличие в молоке антибиотиков (ампициллин, левомицетин, пенициллин, тетрациклин и др.) снижает скорость развития молочнокислой микрофлоры, применяемой в производстве ферментированной молочной продукции, что создает благоприятные условия для размножения технически вредных микроорганизмов. По результатам исследований установлено, что к пенициллину в концентрации 0,004 мг/л один штамм устойчив и 23 штамма лактококков слабоустойчивы. К тетрациклину в концентрации 0,01 мг/л 23 штамма слабоустойчивы, один штамм не устойчив. Проверка выделенных лактококков на устойчивость к стрептомицину в концентрации 0,2 мг/л показала, что к данному антибиотику устойчивы все выделенные 24 штамма.

Молочнокислые бактерии должны быть устойчивы к бактериофагам, циркулирующим в производственных помещениях молочного предприятия. Фаголизис заквасочной микрофлоры приводит к нарушению молочнокислого процесса, в результате чего ферментированный молочный продукт не соответствует показателям выходного контроля [4, 5].

Подавляющее большинство выделенных лактококков (23 штамма) проявило низкую чувствительность к бактериофагам из коллекции СКМ, один штамм при тестировании показал среднюю фа-

гочувствительность. В состав бактериальных препаратов включают штаммы, наименее чувствительные к действию фагов.

Молочнокислые бактерии обладают протеолитической активностью, способной обеспечить их конструктивный обмен. Особенно важно определение протеолитической активности молочнокислых бактерий при подборе штаммов в состав заквасок для производства сыров, поскольку вкусовые и ароматические показатели готового продукта будут зависеть от энзиматического расщепления белка. При подборе штаммов в состав бактериальных заквасок для производства продуктов детского и геродиетического питания также важно учитывать протеолитическую активность микроорганизмов с целью получения продукта с большим содержанием легкоусвояемых белковых компонентов [6].

Для исследования протеолитической активности были отобраны 6 штаммов лактококков как наиболее перспективные. Высокой протеолитической активностью обладали два штамма, четыре штамма — средней протеолитической активностью.

По результатам изучения технологически ценных свойств выделенные лактококки (24 штамма) можно отнести к перспективным культурам для дальнейших исследований и введения их в состав бактериальных заквасок. На основании проведенных исследований были составлены паспорта на 24 выделенных региональных штамма лактококков.

Тестирование штаммов с помощью классических фенотипических методов подтверждает сложность идентификации бактерий *Lactococcus spp.* на видовом и внутривидовом уровне. В морфологическом отношении культуры *Lactococcus spp.*, выделяемые из природных источников, изменчивы, что связано с их штаммово-видовыми особенностями. Многие исследователи отмечают, что изучение молочнокислых бактерий по культуральным, морфологическим, физиолого-биохимическим свойствам обеспечивает только первичную фенотипическую идентификацию выделенных штаммов микроорганизмов до уровня группы, семейства, рода. Идентификация молочнокислых бактерий должна проводиться с использованием новых методов молекулярно-генетического анализа [3, 7, 8].

В 2021 г. на один вновь выделенный штамм Lactococcus lactis и на два штамма полезной микрофлоры из коллекции СКМ (Lactobacillus casei, Propionibacterium freudenreichii) получены генетические паспорта в ГосНИИГенетика (г. Москва).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ганина В. И., Ананьева Н. В., Рожкова Т. В. Интегрированный подход к созданию отечественных стартовых культур прямого внесения // Молочная промышленность, 2005. — № 11. — С. 23–24.

2. Банникова Л. А. Селекция молочнокислых бактерий и их применение в молочной промышленности. — М. : Пищевая промышленность, 1975. — 255 с.

3. Bergey's manual of systematic bacteriology. Second edition. Volume three. The Firmicutes — Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, 2009. — 1422 p.

4. Кушманова О. Д., Ивченко Г. М. Руководство к лабораторным занятиям по биологической химии. — М. : Медицина, 1983. — 272 с.

5. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. — М. : ДеЛи принт, 2003. — 800 с.

6. Moineau S, Levesque C. Control of bacteriophages in industrial fermentation // Bacteriophages: biology and applications. — CRC Press, BocaRaton, Fla, — 2005. — P. 286–296.

7. Семенихина В. Ф. Рожкова И. В., Бегунова А. В., Ширшова Т. И., Поспелова В. В. Биотехнология кисломолочных продуктов и препаратов с пробиотическими свойствами // Молочная промышленность, 2016. — № 7. — С. 57–58.

8. Семенихина В. Ф., Рожкова И. В., Раскошная Т. А., Абрамова А. А. Разработка заквасок для кисломолочных продуктов // Молочная промышленность, 2013. — № 11. — С. 30–31.

9. Шевелева С. А., Быкова И. Б., Черкашин А. В. Усовершенствование лабораторного контроля технологических микроорганизмов // Переработка молока, 2013. — № 3 (161). — С. 12–16.

УДК 547.992.3:66.095.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ АЦИЛИРОВАНИЯ ЛИГНИНА СИСТЕМОЙ «ПИРИДИН — ХЛОРАНГИДРИД ВЫСШЕЙ КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ»

Д. Д. Ефрюшин, О. В. Жогов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе рассмотрена возможность ацилирования технических лигнинов системой на основе пиридина и хлорангидрида пальмитиновой кислоты. Строение полученных соединений подтверждено методом ИК-спектроскопии.

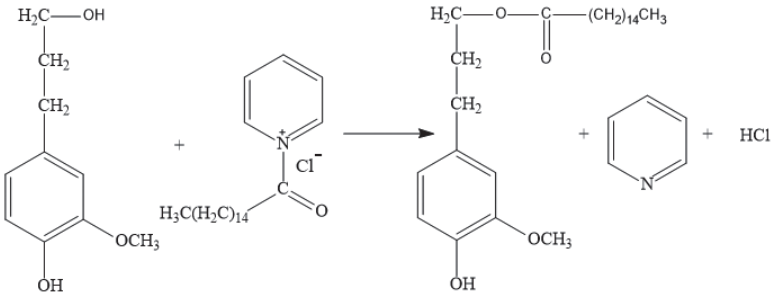
Ключевые слова: сульфатный лигнин, ацилирование, хлорангидрид карбоновой кислоты, ацилиевая соль, тионилхлорид

Одним из методов химической модификации технических лигнинов является ацилирование его гидроксильных групп, поэтому поиск новых доступных ацилирующих систем является актуальным направлением в химии лигнина. Одной из таких систем является смесь «пиридин — ацетилхлорид», использование которой позволяет получать продукты с высокими степенями превращения. При этом в реакцию вступают как алифатические, так и фенольные ОН-группы, чего было очень сложно достичь, используя другие ацилирующие системы [1].

С целью расширения ряда ацилирующих систем нами была предложена система «пиридин — хлорангидрид высшей карбоновой кислоты». В процессе синтеза образуется ацилиевая соль, которая является сильным ацилирующим агентом, превосходящим по активности ангидриды и хлорангидриды карбоновых кислот [2].

Для качественной оценки возможности направления реакции ацилирования предлагаемой системой рассчитаны энергии Гиббса продуктов реакции и исходных реагентов с использованием метода теории функционала плотности (DFT) в рамках базиса B3LYP/6–31G для фенилпропановых, сирингилпропановых и гваяцилпропановых единиц лигнина. В качестве ацилирующего агента была предложена ацилиевая соль пальмитиновой кислоты [3].

В результате расчета подтверждена возможность самопроизвольного протекания реакции ацилирования лигнина пальмитиновой кислотой (рис. 1).



ΔG = −1909,40 кДж/моль

Рис. 1. Схема химической реакции структурной гваяцилпропановой единицы лигнина с ацилиевой солью пальмитиновой кислоты

На основании полученных расчетов было установлено, что реакция наиболее вероятна в γ-положении ФПЕ, так как данные единицы являются концевыми, менее подвержены стерическим факторам, т. е. более доступны для ацилирующего агента. В целом это соответствует теоретическим представлениям, так как фенольные единицы наименее доступны, ОН-группы в β-положении участвуют в образовании связи С-О-С в сетчатой структуре лигнина, а ОН-группы в α-положении находятся в сопряженном состоянии.

В качестве практической реализации применяемой системы было проведено ацилирование модельного соединения лигнина на примере ванилинового спирта (рис. 2).

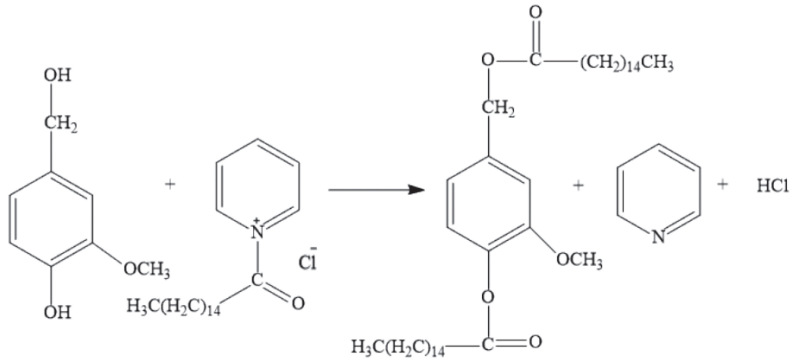


Рис. 2. Схема химической реакции ванилинового спирта с ацилиевой солью пальмитиновой кислоты

Строение ацилированного ванилинового спирта было подтверждено методом ИК-спектроскопии, где отчетливо видно значительное повышение силы интенсивности полос в области 1740 см$^{-1}$ (валентные колебания группы C=O остатка пальмитиновой кислоты в сложноэфирной связи). Также наблюдалось уменьшение интенсивности пропускания и незначительные изменения симметрии полосы поглощения в области 3600–3000 см$^{-1}$ (валентное колебание OH-групп) (рис. 3).

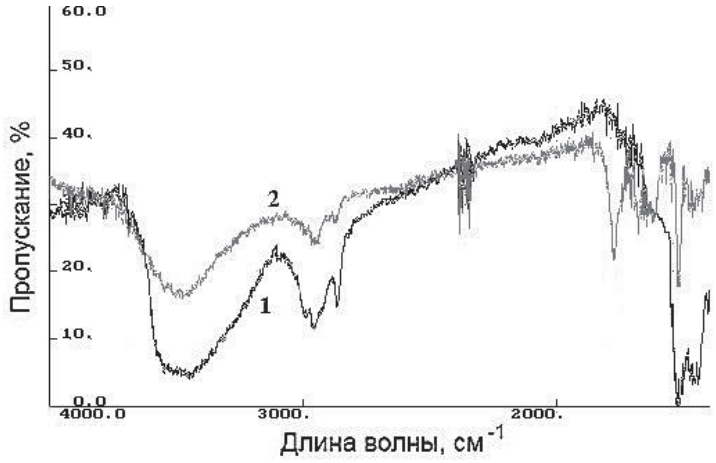


Рис. 3. ИК-спектры исходного (1) и ацилированного пальмитиновой кислотой (2) ванилинового спирта

Проверив эффективность выбранной ацилирующей системы при работе с модельным соединением, провели серию синтезов для получения ацилированных продуктов сульфатного лигнина по схеме, представленной на рисунке 4.

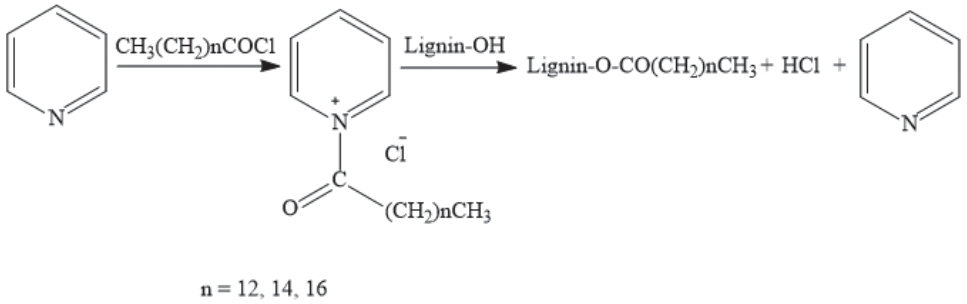


Рис. 4. Реакция ацилирования сульфатного лигнина высшими карбоновыми кислотами в среде пиридина

Для синтеза продуктов были предложены следующие условия: продолжительность от 1 до 5 часов, температура процесса соответствует температуре плавления карбоновой кислоты (миристиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот соответственно равны 54,4 °С, 62,9 °С, 69,3 °С), так как при проведении в более низких температурах смесь не гомогенизируется, а повышение температуры синтеза приводило к активному испарению тионилхлорида, что вело к снижению выхода ацилиевой соли карбоновой кислоты и эффективности процесса в целом.

Полученные продукты высаживали в воду для удаления непрореагировавшего тионилхлорида, промывали дистиллированной водой на фильтре Шотта для удаления пиридина, после чего высушивали до воздушно-сухого состояния. Далее подвергали экстрагированию в аппарате Сокслета диэтиловым эфиром на протяжении 8 ч.

Готовый продукт высушивался сначала на открытом воздухе, а затем в эксикаторе над хлоридом кальция. Внешне продукт представляет собой порошок от темно-коричневого до кремового цвета.

Ацилированный сульфатный лигнин исследовали методом химического анализа, установили содержание связанной миристиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот и количество прореагировавших ОН-групп (табл. 1–3).

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что даже при относительно небольшой продолжительности синтеза (1–3 часа) в реакцию ацилирования вступают фактически 60–70% алифатических ОН-групп лигнина, а увеличение времени синтеза свыше 4 часов нецелесообразно, так как дальнейший рост связанной карбоновой кислоты находится в пределах погрешности.

Таблица 1

Результаты химического анализа ацилированных продуктов сульфатного лигнина с миристиновой кислотой (время синтеза — 1–5 ч, температура 54,4 °С)

Продолжительность синтеза, ч	Количество связанной карбоновой кислоты,%	Количество прореагировавших ОН-групп,%	Степень превращения,%
1	50,4±0,5	3,3±0,3	0,30
2	50,9±0,5	7,4±0,3	0,68
3	52,7±0,5	7,6±0,3	0,70
4	55,0±0,5	7,8±0,3	0,72
5	42,4±0,5	6,3±0,3	0,58

Таблица 2

Результаты химического анализа ацилированных продуктов сульфатного лигнина с пальмитиновой кислотой (время синтеза — 1–5 ч, температура 62,9 °С)

Продолжительность синтеза, ч	Количество связанной карбоновой кислоты,%	Количество прореагировавших ОН-групп,%	Степень превращения,%
1	42,1±0,5	6,2±0,3	0,57
2	52,8±0,5	6,5±0,3	0,60
3	54,5±0,5	8,0±0,3	0,73
4	55,2±0,5	8,1±0,3	0,74
5	61,8±0,5	9,1±0,3	0,83

Анализ методом ИК-спектроскопии показал, что в области 3600–3000 $см^{-1}$ наблюдается снижение интенсивности пропускания и изменение симметрии полосы поглощения (валентное колебание ОН-групп). В области 1740 $см^{-1}$ наблюдается увеличение интенсивности полос (валентные колебания группы С=О остатка карбоновой кислоты в сложноэфирной связи), что свидетельствует о наличии ацильных групп в исследуемом образце.

Таблица 3

Результаты химического анализа ацилированных продуктов сульфатного лигнина со стеариновой кислотой (время синтеза — 1–5 ч, температура 69,3 °С)

Продолжительность синтеза, ч	Количество связанной карбоновой кислоты,%	Количество прореагировавших ОН-групп,%	Степень превращения,%
1	46,9±0,5	6,9±0,3	0,63
2	47,9±0,5	7,4±0,3	0,68
3	53,0±0,5	7,8±0,3	0,72
4	54,1±0,5	8,0±0,3	0,73
5	54,1±0,5	8,0±0,3	0,73

Таким образом, применение системы «пиридин — хлорангидрид высшей карбоновой кислоты» для ацилирования технических лигнинов является возможным. Дальнейшие исследования позволят подробнее изучить и усовершенствовать процесс синтеза, а также подробно изучить свойства полученных продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефрюшин Д. Д., Корнев Д. В., Андреева А. С. Исследование реакции ацилирования сульфатного лигнина системой «пиридин — ацетилхлорид» // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : мат-лы VII Всерос. конф. 5–9 октября 2020 г. / под ред. Н. Г. Базарновой, В. И. Маркина. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2020. — С. 246–247.

2. Джоуль Дж., Миллс К. Химия гетероциклических соединений. — М. : Мир, 2004. — 728 с.

3. Granovsky A. A. Introduction to the Firefly [Electronic resource]. — Liverpool, 1994–2011. — URL: www: http://classic.chem.msu.su/gran/gamess/index.html.

УДК 637.1:615.322

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Е. В. Жукова, О. Н. Пастух

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В статье рассмотрена технология йогуртных напитков из коровьего молока при использовании растительных добавок и оценка качества молочных продуктов. В качестве растительного компонента вносили тыкву в виде пюре в количестве 5 и 10% в молочную смесь перед сквашиванием и после сквашивания. После выработки йогуртных напитков проводили физико-химические исследования и дегустационную оценку. В результате проведенных исследований был сделан вывод об эффективности производства йогуртного напитка с внесением тыквы в количестве 5% как вкусного и востребованного молочного продукта.

Ключевые слова: коровье молоко, йогуртный напиток, закваска, пюре тыквы, массовая доля жира и белка, кислотность, органолептическая и дегустационная оценка

Одним из замечательных свойств молока является его способность к сквашиванию [1]. Особенно большое значение для организма имеют кисломолочные продукты, обладающие высокой диетической и лечебной ценностью [2–4]. В современном мире люди все больше начинают

обращаться к принципам и методикам здорового образа жизни. Одним из положений рационального питания является употребление молочных и растительных продуктов [1–3]. Впервые русским физиологом и микробиологом И. И. Мечниковым были научно обоснованы диетические и лечебные свойства кисломолочных продуктов [5, 6]. Все кисломолочные продукты делятся на две группы: продукты, получаемые в результате молочнокислого брожения (простокваша, ацидофильное молоко и др.), и продукты, получаемые в результате смешанного (молочнокислого и спиртового) брожения (кефир, кумыс и др.). Различные добавки дают возможность создать богатый ассортимент на любой вкус и возраст, а также получить продукт с функциональными свойствами, добавляя в рацион питания продукты с повышенной биологической ценностью [6].

В некоторых продуктах спиртовое брожение проявляется слабо, в них накапливаются лишь следы спирта [7]. Включение молочных продуктов в рацион питания повышает его полноценность и способствует лучшему усвоению всех компонентов [8]. В связи с этим целью работы являлась выработка и оценка качества йогуртного напитка с использованием растительных добавок.

Выработка йогуртного напитка производилась на кафедре технологии хранения и переработки продуктов животноводства РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева в соответствии со схемой опыта (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта

Вариант	Количество закваски,%	Количество пюре тыквы,%	
		до сквашивания	после сквашивания
1	5	—	5
2	5	—	10
3	5	5	—
4	5	10	—

В период проведения опыта были изучены следующие показатели: органолептические и физико-химические показатели молока — сырья; технохимические свойства выработанного йогуртного напитка.

Физико-химические показатели молока, используемого для выработки йогуртного напитка, представлены в таблице 2.

В готовых продуктах, йогуртных напитках, определялась массовая доля жира, белка, казеина и кислотность (табл. 3).

Все показатели йогуртных напитков соответствуют технологическим требованиям, которые предъявляются при выработке кисломолочных напитков. Массовая доля жира у всех образцов готового продукта составляла в среднем 3,7% в осенний и 3,5% в зимний период.

Таблица 2

Физико-химические показатели молока — сырья

Показатель		Выработка	
		1	2
Плотность, г/см^3		1,028	1,028
Кислотность, ^{o}Т		16,0	17,0
Массовая доля,%:	— СОМО	8,33	8,21
	— жира	3,74	3,53
	— белка	2,90	2,80

Показатели массовой доли белка и казеина, кислотности различны в осенний и зимний периоды (выработка 1 и 2).

Таблица 3

Качество йогуртных напитков

Вариант	1-я выработка				Вариант	2-я выработка			
	кислотность, °Т	массовая доля,%				кислотность, °Т	массовая доля,%		
		жир	белок	казеин			жир	белок	казеин
1	98	3,75	2,82	2,50	1 и 2	85	3,48	2,75	3,02
2	96	3,78	2,85	2,47					
3	112	3,65	2,92	2,52	3 и 4	93	3,45	2,83	3,78
4	118	3,73	2,82	2,51					

После выработки йогуртных напитков была проведена дегустационная оценка готовых продуктов. Оценка проводилась по следующим показателям: цвет — 5 баллов, структура и консистенция — 5 баллов, запах, вкус и аромат — 10 баллов (табл. 4).

Таблица 4

Дегустационная оценка йогуртных напитков

Вариант	Цвет	Структура и консистенция	Запах, вкус и аромат	Сумма баллов
1	5,03±0,04	4,77±0,10	9,01±0,15	18,81±0,29
2	4,73±0,07	4,56±0,12	8,53±0,11	17,82±0,30
3	4,81±0,06	4,73±0,21	8,88±0,12	18,45±0,40
4	4,84±0,07	4,04±0,10	8,73±0,10	17,61±0,27

В результате дегустационной оценки наибольшее количество баллов 18,81 получил йогурт с внесением 5% пюре тыквы после сквашивания, так как он наиболее соответствует требованиям по следующим характеристикам: цвету, структуре, консистенции, запаху и вкусу.

По результатам проведенных исследований наиболее целесообразно производить йогуртный напиток с использованием 5% растительной добавки как вкусного и востребованного молочного продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоренко О.Д. и др. Микробиологический контроль продуктов животноводства. М., 2002.

2. Желтова О.А. и др. Йогурт из молока коз разных пород и генотипов // Молочная промышленность, 2011. — № 6. — С. 81–82.

3. Сидоренко О.Д. и др. Лактобактерии природных заквасок молока // Доклады ТСХА : мат-лы Междун. научной конф., 2018. — С. 122–124.

4. Желтова О.А. и др. Фракционный состав молочного белка молока коз разных пород и генотипов // Зоотехния, 2011. — № 4. — С. 25–27.

5. Хомякова А.М. и др. Моделирование рецептурного состава ферментированных напитков на основе белково-углеводного молочного сырья // Все о мясе, 2020. — № 5S. — С. 386–389.

6. Хомякова А.М., Пастух О.Н. Маркетинговое исследование рынка напитков из молочной сыворотки // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством, 2020. — Т. 1. — № 1 (1). — С. 589–594.

7. Беликова А.С. и др. Влияние белково-витаминного премикса на качество коровьего молока // Зоотехния, 2005. — № 2. — С. 13–16.

8. Шувариков А.С. и др. Физико-химические показатели козьего, овечьего и коровьего молока // Овцы, козы, шерстяное дело, 2017. — № 1. — С. 38–40.

УДК 637.523

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ КОЛБАСЫ ВАРЕНОЙ ПРИ ВВЕДЕНИИ В ЕЕ РЕЦЕПТУРУ ЭКСТРАКТОВ ЦИТРУСОВЫХ ФРУКТОВ

Ю. А. Котельникова, П. А. Кореневская

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В данной статье приводятся результаты исследования по определению безопасности колбасы вареной, приготовленной с введением в основную (контрольную) рецептуру экстрактов цитрусовых фруктов, с точки зрения микробиологического анализа. Также проводились исследования по влиянию оболочки на технологические свойства колбас. В результате исследования установили, что при внесении в рецептуру колбасных изделий экстрактов цитрусовых фруктов повышается выход готового продукта.

Ключевые слова: колбаса вареная, экстракт, цитрусовые фрукты, показатели безопасности, микробиологические показатели, срок хранения

Введение. Сегодня прослеживается желание перехода многих людей на ведение здорового образа жизни. Соблюдение подобного жизненного уклада в первую очередь зависит от той пищи, которую человек потребляет. Зачастую вести здоровый образ жизни мешают сложившиеся пищевые привычки, победить которые получается не у всех [1, 2].

Колбасные изделия давно и прочно вошли в привычное питание населения нашей планеты. Это связано с большим распространением и ассортиментом данной продукции, к тому же зачастую колбасу не нужно доготавливать в домашних условиях, т. е. она представляет собой идеальный вариант пищи для активного и занятого человека. Однако качество производимых колбас не соответствует тому, что можно назвать здоровой пищей. Поэтому снижение в колбасных изделиях различных пищевых ингредиентов, в частности нитрита натрия, отвечающего за цвет колбас, является весьма актуальной задачей [3, 4].

Целью исследования стало изучение качественных характеристик вареной колбасы, а также сроков годности колбасных изделий, в рецептуре которых применяются экстракты цитрусовых фруктов, и зависимость сроков годности от вида колбасной оболочки.

Материал и методика исследований. Все необходимые исследования, приведенные в данной работе по определению физико-химических, технологических и микробиологических показателей, выполняли согласно общепринятым методикам, описанным в соответствующих ГОСТах [5].

Для приготовления вареной колбасы с использованием экстрактов цитрусовых фруктов необходимо было рассчитать рецептуру, по которой будут вырабатываться опытные образцы колбас. В качестве контрольного образца взяли рецептуру колбасы вареной «Докторская» по ГОСТ 23670–2019 «Изделия колбасные вареные мясные. Технические условия». В рецептуру опытных образцов 1 и 2 добавили экстракты цитрусовых фруктов в количестве 5%, но опытный образец 1 набивали в фиброузную оболочку, а опытный образец 2 — в полигазонепроницаемую. Экстракты фруктов представляют собой сухой порошок от белого до светло-кремового цвета [1, 3].

Производили вареные колбасы по общепринятой технологии. Термообработка всех образцов производилась до 72 °С в центре батона. С последующей упаковкой продукции в вакуум.

Экстракты лайма и апельсина могут заменить фосфаты, которые, повышая влагоудерживающую способность, повышают сочность готового продукта и улучшают его текстуру.

При взаимодействии экстрактов фруктов (помело, лимон) и смеси перцев (белого и черного) с мясом происходит: сохранение натурального красно-розового цвета мясного продукта, сохранение оригинальных органолептических свойств мясного продукта, продление срока годности, устра-

нение прогорклости, повышение качества продукта. Такая смесь заменяет нитриты / нитраты, лактаты и диацетаты натрия, витамин С, его соли [4, 5].

Результаты исследования. Вареную колбасу контрольного и опытных образцов получили согласно технологии производства вареных колбасных изделий, при этом взвесили массу сырья и массу готовых продуктов в конце производства вареной колбасы с дальнейшим определением показателей выхода и потерь готовой продукции.

Исходя из полученных данных, пришли к выводу: добавление в основную рецептуру экстрактов фруктов снижает потери в готовой продукции с 7,3 до 5%. При смене оболочки с фиброуза на полигазонепроницаемую потери в сравнении с опытным образцом 1 снизились еще на 5%. Следовательно, применение полигазонепроницаемой оболочки в совокупности с добавлением в рецептуру экстрактов цитрусовых привело к увеличению выхода колбасных изделий.

Для более полного представления о качестве полученных вареных колбас контрольного и опытных образцов провели исследование их химического состава. Данные результатов исследования представлены в таблице 1.

Данные из таблицы 1 показывают, что изменение рецептуры сильно не повлияло на физико-химические показатели готового продукта. Добавление воды повысило содержание влаги в колбасных изделиях, это связано с тем, что экстракты фруктов способствуют удержанию влаги в готовом продукте, так как часть воды пошла на гидратацию данных экстрактов.

Таблица 1

Физико-химические показатели образцов

Показатель	Образец		
	контрольный	опытный 1	опытный 2
Влага,%	52,4	57,3	60,8
Белок,%	13,3	13,7	13,4
Жир,%	25,2	25,8	25,4
Массовая доля поваренной соли,%	1,72	1,76	1,8
Массовая доля нитрита натрия,%	0	0	0

Если говорить о содержании массовой доли белка и жира во всех исследуемых образцах, то видно, что значительных изменений по данным показателям не наблюдается. По содержанию массовой доли соли в готовых образцах всех групп также не видно существенных различий.

Результаты исследования микробиологических показателей и дегустационной оценки, которые имеют непосредственное влияние на сроки годности вареных колбасных изделий, представлены в таблице 2.

Внесение экстрактов цитрусовых фруктов в рецептуру колбасных изделий позволило повысить выход готового продукта по сравнению с контрольным образцом на 2,3 (опытный образец 1) и 7,3% (опытный образец 2). Также на выход готового продукта оказало влияние качество используемой для набивки колбас оболочки. Так, выход колбасных изделий, в технологии которых применялась полигазонепроницаемая оболочка, был выше по сравнению с опытным образцом 2, где набивка колбас проводилась в фиброузную оболочку, на 5%, что является существенным показателем при производстве колбасных изделий.

Внешний вид и органолептические показатели контрольного продукта оставались неизменными до исследований, проводимых с 1 по 8 сутки. На 12 сутки наблюдалось образование мутной жидкости в упаковке и присутствовал кислый запах. Опытный образец 1 сохранял свои органолептические показатели до 15 суток. Рост дрожжей (в 2 раза выше предыдущего посева), вкус и запах, несвойственные продукту, стали наблюдаться на 18 сутки. Опытный образец 2 сохранял вкус и запах, свойственный продукту, до 18 суток. И только на 21 сутки определили кислый вкус и запах продукта, а также наблюдалось увеличение роста дрожжей примерно в 2 раза по сравнению с предыдущим посевом.

Таблица 2

Микробиологические показатели образцов колбасных изделий

Продукт	Периодичность контроля, сут	КМАФАнМ,	Исследуемые показатели				Дрожжи, плесени
		КОЕ/г	БГКП	сульфитредуцирующие клостридии	*S. aureus*	*E. coli*	КОЕ/г
Контрольный образец	Фон	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	30
	5 сутки	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	40
	8 сутки	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	40
	12 сутки	$2{,}5\times10^2$	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	50
Опытный образец 1	Фон	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	0
	5 сутки	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	10
	8 сутки	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	0
	12 сутки	$2{,}4\times10^2$	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	0
	15 сутки	7×10^2	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	10
	18 сутки	$2{,}1\times10^3$	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	20
Опытный образец 2	Фон	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	0
	5 сутки	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	10
	8 сутки	—	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	0
	12 сутки	$2{,}6\times10^2$	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	0
	15 сутки	5×10^2	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	10
	18 сутки	$2{,}2\times10^3$	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	10
	21 сутки	$2{,}5\times10^3$	Нет роста	Нет роста	Нет роста	Нет роста	35

Заключение. Внесение экстрактов фруктов в рецептуру колбасных изделий позволило повысить выход готового продукта по сравнению с контрольным образцом на 2,3 (опытный образец 1) и 7,3% (опытный образец 2). Также на выход готового продукта оказало влияние качество используемой для набивки колбас оболочки. Так, выход колбасных изделий, в технологии которых применялась полигазонепроницаемая оболочка, был выше по сравнению с опытным образцом 2, где набивка колбас проводилась в фиброузную оболочку, на 5%, что является существенным показателем при производстве колбасных изделий.

Результаты проведения микробилогических испытаний показали, что применение полигазонепроницаемой оболочки в совокупности с добавлением в рецептуру экстрактов цитрусовых фруктов привело к увеличению срока хранения колбасных изделий с 8 до 18 суток.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есимова Л. Б., Кореневская П. А., Котельникова Ю. А. Об эффективности использования пищевого волокна в технологии производства мясных продуктов // Безопасность и качество товаров : мат-лы XIV Междунар. научн.-практич. конф. / под ред.й С. А. Богатырева. — Саратов, 2020. — С. 90–94.

2. Котельникова Ю. А., Кореневская П. А., Есимова Л. Б. Динамика и структура развития мясного рынка в нашей стране // Научные основы развития АПК : сб. научн. трудов по мат-лам XXII Всероссийской (национальной) научн.-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. уч., 2020. — С. 349–353.

3. Балясова П. Е., Грикшас С. А., Кореневская П. А., Цеханович О. М. Разработка технологии производства деликатесных изделий из мяса индейки с использованием активированного рассола, обработанного лавинострименым разрядом // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. — Чебоксары : Чувашский гос. аграрный ун-т, 2020. — С. 341–345.

4. Дзуцов А. Б., Кореневская П. А. К вопросу использования нетрадиционного растительного сырья в колбасном производстве // Региональный рынок потребительских товаров, продовольственная безопасность в условиях Сибири и Арктики. — Тюмень : Тюменский индустр. ун-т, 2020. — С. 137–140.

5. Есимова Л. Б., Кореневская П. А. Определение качества вареной колбасы с использованием пищевого волокна // Научные аспекты развития АПК, лесного хозяйства и индустрии гостеприимства в теории и практике. — Рязань : РГАТУ, 2020. — С. 68–73.

УДК 637.146.4:634.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОД В ТЕХНОЛОГИИ СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА

Ч. Г. Куулар

Тувинский государственный университет, г. Кызыл, Россия

Проблема переработки и рационального использования молочной сыворотки является актуальной для всех стран с развитой молочной промышленностью. Исследуются новые рецептуры сывороточных напитков с добавлением брусники и голубики.

Ключевые слова: молочная сыворотка, детоксикация, микрофлора, пищевые волокна, пропионовокислые бактерии, бифидобактерии, пробиотики, пребиотики

Молочная сыворотка получается как второстепенный компонент при производстве кисломолочных продуктов, различных сыров, творога, казеина. Относится к вторичному сырью молока. В зависимости от типа производимого продукта различают сыворотку подсырную, творожную и казеиновую. Несмотря на низкую себестоимость сырья, высокую биологическую и пищевую ценность, сыворотка в настоящее время в нашей стране практически не используется.

В Республике Тыва остро стоит вопрос по переработке молочной сыворотки, так как около 15% производимой сыворотки приходится на мелких товаропроизводителей, имеющих свое подсобное хозяйство, проблема утилизации сыворотки для них не имеет большого значения [1].

Появилась необходимость в более глубокой переработке больших объемов обогащенной сыворотки в пищевые продукты и полуфабрикаты, комбинированные продукты, кормовые средства. В настоящее время из обогащенной сыворотки получают сгущенные и сухие концентраты, выделяют сывороточные белки, производят молочный сахар, используют для производства спирта, в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, в производстве кормов.

К одному из экономически выгодных направлений использования молочной сыворотки, не требующих больших затрат, относится производство напитков. Для повышения пищевой и биологической ценности сывороточных напитков используется их обогащение функциональными ингредиентами, в том числе пробиотической микрофлорой. Известно, что пробиотическая микрофлора (лактобациллы, бифидобактерии, пропионовокислые бактерии и др.) играет важную роль в поддержании здоровья человека, что обусловлено ее участием в активизации иммунных процессов, подавлении активности болезнетворной микрофлоры, стимуляции процессов пищеварения, продуцировании витаминов и других биологически активных веществ, процессах детоксикации [2–4].

Поэтому изучение технологии обогащенных напитков Республики Тыва является весьма актуальной задачей.

В современных методиках производства пищевых продуктов используется значительное количество пищевых ингредиентов. Правильный их выбор должен соответствовать условиям переработ-

ки и хранения продуктов питания. Классификация А. П. Нечаева предполагает следующее использование пищевых добавок [3]:

1) совершенствование технологии подготовки, изготовления, упаковывания, транспортирования, хранения продуктов питания и сырья;
2) сохранение природных качеств пищевых продуктов;
3) увеличение стабильности хранения пищевых продуктов и улучшение их органолептических свойств;
4) получение продуктов с увеличенной пищевой и биологической ценностью.

Известно, что у организма взрослых, пожилых, детей, беременных женщин различная степень восприимчивости к пищевым добавкам. Поэтому проблема применения добавок в пищевой отрасли приобретает большое физиологическое значение. Также следует учитывать вероятность взаимодействия различных веществ, используемых в качестве пищевых добавок, с вредными химическими веществами, которые могут попадать в организм человека из окружающей среды. Из этого следует, что потребление продуктов с использованием биологически активных добавок требует проведения дополнительных исследований и изучения их свойств.

На данный момент существует большая необходимость в пищевых добавках в пищевой промышленности. При использовании их наблюдается увеличение срока хранения продукции, улучшение вкусовых качеств. В условиях промышленного производства пищевые добавки изготовляют самыми разными способами, иногда соединяя их друг с другом [4].

В зависимости от происхождения все добавки можно разделить на три вида:

— добавки натуральной природы;
— добавки искусственной природы;
— добавки синтетической природы.

Пищевые добавки к продуктам пользуются большим спросом практически во всех странах. При этом предпочтение отдается преимущественно добавкам натурального происхождения, потому что эти соединения наиболее естественны, легче выводятся из организма, являются более чистыми с точки зрения экологии, а также они физиологическим способом повышают резистентность организма человека [4]. В 19–20 вв. эти природные и идентичные природным вещества попали под пристальное внимание производителей продуктов. также Интерес был вызван развитием торговых сетей и необходимостью транспортировать быстро портящиеся товары на значительные расстояния. Добавки стали использоваться для увеличения сроков хранения. Кроме того, они, а именно ароматизаторы и красители, помогли улучшить органолептические свойства пищевой продукции (цвет, запах, вкус). Как следствие увеличился и спрос на эти товары.

Плоды и овощи, содержащие биологически активные соединения (минеральные соли, эфирные масла, витамины, полифенолы), являются незаменимой частью пищевого рациона человека, выступают в качестве основного источника необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека углеводов, минеральных веществ, витаминов, растительных белков, ферментов и пр. Обладая лечебными и профилактическими свойствами, растительные пищевые добавки применяются в различных отраслях пищевых производств, в частности в производстве молочной продукции [5].

Отечественные и зарубежные авторы отмечают, что различные плодовые и овощные растения являются источниками всевозможных витаминов и минеральных веществ. Из большинства культур получают пищевые растительные порошки, соусы, красители и пасты. Продукты переработки растительного сырья полезнее химически синтезированных биологически активных добавок и могут быть введены в различные продукты в виде пищевых добавок. Также использование продуктов переработки растительного сырья сокращает и упрощает продолжительность технологического процесса производства пищевых продуктов.

Кроме того, продукты переработки растительного сырья являются естественными антиоксидантами, применяющимися в виде пищевых добавок при производстве пищевой продукции. Они используются для предотвращения накопления токсичных чужеродных веществ, также при их помощи снижаются потери полезных веществ: витаминов, аминокислот и т. п. в ходе технологической обработки [5].

В Японии в 80-х годах XX века впервые появились функциональные продукты питания. Они содержали в своем составе бифидобактерии и пищевые волокна. До настоящего времени японское правительство вводит в производство функциональные продукты питания и рассматривает их как вариант медикаментозной терапии, 55% производимых в Японии продуктов обладают функциональными свойствами.

По оценкам иностранных ученых, выпуск обогащенных продуктов питания позволяет резко оздоровить население планеты и может уменьшить производство привычных лекарств на 40%. В изначальном японском перечне продуктов функционального питания было примерно 500 наименований, делящихся по категориям продуктов для различных групп: космонавтов, детей, людей пожилого возраста, спортсменов и т.д. [5].

Существуют требования к продуктам, которые относятся к обогащенным продуктам питания. Они должны быть:

— безопасными (не имеющими побочных действий, не вызывающими аллергических реакций);
— сохранять натуральный вкус, аромат и вид продукта (другими словами, сохранять органолептические свойства);
— иметь выраженные лечебные свойства (восполнять недостаток компонентов, которые необходимы для сохранения здоровья, предупреждать появление болезней, выражать существенный терапевтический результат).

Также в обогащенных продуктах питания должны содержаться один или несколько элементов: витамины, пищевые волокна, минеральные вещества, пробиотики, полиненасыщенные жирные кислоты и другие [6].

По принятому в нашей стране Государственным комитетом по стандартизации определению, обогащенный продукт питания — это продукт, предназначенный для потребления в любом возрасте, уменьшающий риск формирования заболеваний, которые связаны с питанием, и сохраняющий и улучшающий самочувствие за счет содержания в их составе полезных пищевых компонентов.

По определению того же Госстандарта, пищевые ингредиенты — это биологически активные ценные вещества, безвредные для здоровья, у которых обнаружены и научно доказаны полезные свойства и для которых выявлены нормы ежедневного потребления в составе продуктов питания с целью поддержания и улучшения здоровья [7].

К пищевым ингредиентам могут относится: пищевые волокна, витамины, минералы, пребиотики и пробиотики и т.д. Положительное отношение к обогащенным продуктам формируется из-за того, что такие продукты питания помогают населению сбалансировать рацион, обеспечивающий хорошее самочувствие и максимальную работоспособность. Из-за стремления населения к здоровому образу жизни и правильному питанию изменяется мировой рынок продуктов [2, 3].

Актуальной задачей для специалистов и ученых отечественной пищевой промышленности является разработка и производство обогащенных продуктов питания, что подтверждается государственными стратегическими документами. Главным методом решения этой задачи является обогащение растительными пищевыми добавками продуктов массового потребления, в частности доступных и перспективных молочных продуктов. Одной из важнейших задач, которые стоят перед молочной промышленностью, является разработка новых видов молочных продуктов и обогащение имеющихся [4, 7].

Целью является улучшение и совершенствование состава номенклатуры функциональных молочных продуктов; понижение сахароемкости и так же энергетической ценности молочных продуктов; сбережение дефицитных продуктов. Использование местных и нетрадиционных видов растительного сырья является решением этих проблем.

Сыворотку используют в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, мороженого, плавленых сыров, в приготовлении лечебных и косметических средств, а также в кормопроизводстве.

Молочная сыворотка, получаемая как вторичный компонент при производстве кисломолочных продуктов, различных видов сыров, творога, казеина, относится к вторичному молочному сырью.

По результатам показателей 2020 г. в Республике Тыва производителями молочной продукции всего было выпущено 165 тонн творога.

В Республике Тыва нет производителей твердых сыров. В промышленном масштабе производится только тувинский национальный сыр «Быштак» в ООО «Тывамолоко», общий объем произведенного сыра за последний год составил около 800 кг.

В целом по республике производством сыра занимаются многие КФХ, имеющие свое подсобное хозяйство, на их долю приходится около 50% всего произведенного сыра.

Общий объем производимого сыра по Республике Тыва в 2020 г. в среднем достигает 3 тонн.

По расчетам Международной молочной ассоциации, из 140 млн т сыворотки, получаемой в мире, до 50% сливается сточными водами в канализацию. На территории России, по экспертным оценкам, это количество достигает 80% [3].

Материал и методика исследований. Объект исследований — сывороточные напитки с добавлением дикорастущих ягод.

Цель настоящей работы — изучение технологии производства сывороточных напитков с добавлением дикорастущих ягод.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи исследований:

— изучить технологический процесс производства сывороточных напитков с добавлением дикорастущих ягод;
— провести органолептическую оценку готовой продукции;
— провести экспертизу по физико-химическим свойствам сывороточных напитков с добавлением дикорастущих ягод;
— изучить рецептуру обогащенных сывороточных напитков;
— рассчитать экономическую эффективность.

Экспериментальная работа была проведена в соответствии с представленной схемой опыта (рис. 1).

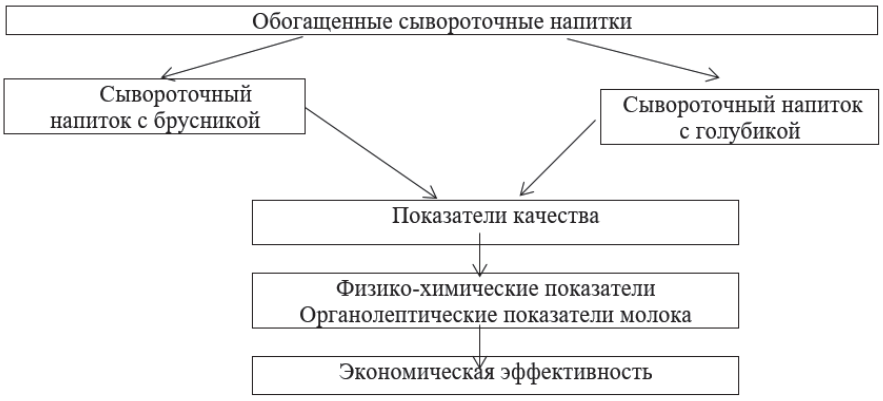


Рис. 1. Общая схема исследований

При определении органолептических свойств в первую очередь смотрят на внешний вид, консистенцию, цвет, вкус и запах. По физико-химическим показателям качества нами определялись: влажность, кислотность, массовая доля жирности и белка. Определяли кислотность и температурный режим образцов. Кислотность определяли методом титрования щелочью. Кислотность сыворотки (в °Т) равна количеству (в $см^3$) раствора гидроксида натрия концентрацией 0,1 моль/ $дм^3$, пошедшего на титрование 10 $см^3$ сыворотки, умноженному на 10.

Жирность, белок, лактоза были определены на анализаторе «Лактан» в лаборатории кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Тувинского государственного университета.

Технология производства обогащенных сывороточных напитков. Для производства напитков используют молочную сыворотку, полученную от переработки кисломолочного напитка «Хойтпак» в «Тыва-Арага», соответствующую требованиям ГОСТ «Сыворотка молочная». Технология производства сывороточных напитков включает в себя следующие операции (рис. 2):

ПРИЕМКА
↓
ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ
↓
ФИЛЬТРАЦИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ
↓
ПАСТЕРИЗАЦИЯ (92±1) оС
↓
ОХЛАЖДЕНИЕ ДО (35±1) оС
↓
ОБРАБОТКА ФРУКТОВО-ЯГОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ
↓
ВНЕСЕНИЕ ФРУКТОВО-ЯГОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ
↓
ФАСОВКА
↓
МАРКИРОВКА
↓
ОХЛАЖДЕНИЕ (4±2) оС
↓
ХРАНЕНИЕ
↓
РЕАЛИЗАЦИЯ

Рис. 2. Технология производства сывороточных напитков

Приемку производят, проверяя качество продукта в лаборатории и количество взвешиванием. Хранение производят в холодильных камерах при температуре минус 18оС до использования по мере необходимости.

Перемешивание сырья происходит примерно 30 секунд на скорости 750–1500 об/мин. Через 2–3 мин достигается температура (90±5) оС, установленная на приборе для регулировки температуры, происходит процесс тепловой выдержки. Дополнительная выдержка при этой температуре (15–20 мин) улучшает бактериологическую стабильность и текстуру конечного продукта. Немного охлажденный конечный продукт передается на расфасовку в стаканчики, маркировку и упаковку стаканчиков в полимерные ящики. Готовый продукт охлаждают в холодильной камере (4–6оС) и хранят до реализации в течение не более 20 суток.

Определения качества обогащенных сывороточных напитков. Для определения качества полученных продуктов нами проведена органолептическая экспертиза в соответствии с требованиями ГОСТ 3972–2014 подготовленных проб сывороточных напитков, по полученным результатам выведены средние баллы по всем признакам (табл. 1).

Таблица 1

Органолептические показатели обогащенных сывороточных напитков

Наименование показателя	Характеристика	
	сывороточный напиток с брусникой	сывороточный напиток с голубикой
Внешний вид и консистенция	Однородная жидкость. После 15 мин наблюдается небольшой белковой осадок, что допустимо для сыворотки по требованиям нормативных правовых актов	Однородная жидкость. После 15 мин наблюдался небольшой белковый осадок, что допустимо для сыворотки по требованиям нормативных правовых актов
Цвет	Ярко выраженный темно-красный	Ярко выраженный темно-синий
Вкус и запах	Свойственный молочной сыворотке, кисловатый	Свойственный молочной сыворотке, сладковатый

Разработанные продукты были оценены по пятибалльной системе (табл. 2) дегустационной комиссией, в состав которой входят: главный технолог ООО «Тывамолоко» — О. В. Бондаренко, преподаватели и студенты очной формы обучения.

Таблица 2

Дегустационный лист

Продукция	Цвет	Вкус	Запах	Аромат	Консистенция	Общая оценка
Сывороточный напиток с брусникой	5	5	5	5	5	25
Сывороточный напиток с голубикой	5	5	5	4	4	23

Наибольшее количество баллов получил сывороточный напиток с брусникой. При этом членами комиссии особенно были отмечены ярко выраженный аромат и насыщенный вкус данного продукта. Хорошие органолептические показатели отмечены также у сывороточного напитка с голубикой, который имел нежную, однородную консистенцию и обладал выраженным ароматом. Все показатели этих образцов имеют высокую оценку.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что сывороточные напитки включают весь комплекс незаменимых аминокислот, высокое содержание водорастворимых витаминов и минеральных веществ.

Полученные напитки имеют свойственный вкус молочной сыворотки и внесенных фруктовых наполнителей. Срок годности продукта при температуре хранения 4±2 °С составляет 10 суток.

Основные физико-химические показатели были определены с помощью анализатора «Лактан С». Оптимальный химический состав молочной сыворотки (содержание лактозы, сбалансированный микроэлементный состав) обеспечивает длительную жизнеспособность клеток бактерий и создает благоприятные условия для накопления биомассы пробиотических микроорганизмов. Таким образом, результаты исследований дают основания для вывода о том, что молочная сыворотка является прекрасной питательной средой для развития молочнокислых микроорганизмов, бифидо- и лактобактерий. Результаты данных исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные показатели обогащенных сывороточных напитков

Наименование показателя	Сывороточный напиток с брусникой	Сывороточный напиток с голубикой
Жирность,%	0,01	0,02
Плотность,%	25,71	25,46
Лактоза,%	3,76	3,72
Сухой обезжиренный остаток,%	6,88	7,09
Протеин,%	2,63	2,58
Вода,%	20	19,03
Точка замерзания, °С	0,422	0,416

Данные таблицы 3 свидетельствуют о высоком содержании сухого обезжиренного остатка на 0,21%, жира — на 0,01%, плотности — на 0,25%, лактозы — на 0,04%, протеина — на 0,05%, воды — на 0,97%, точка замерзания 0,006 оС.

По результатам исследований всех показателей можно сделать вывод, что сывороточный напиток с брусникой в образце практически по всем показателям превосходят сывороточный напиток с голубикой.

Полагаем, что из-за превышения всех основных показателей рецептуры № 2 его производство для обогащенных сывороточных напитков без осветления будет нецелесообразно в связи с потерей ценных компонентов сыворотки, таких как белок и молочный жир.

Данные свидетельствуют о том, что сывороточные напитки с добавлением дикорастущих ягод являются очень ценным молочным сырьем.

Таким образом, на основе результатов проведенных исследований физико-химического состава выбранного сырья можно сделать вывод о целесообразности разработки на его основе продуктов функционального назначения.

Рецептура обогащенных сывороточных напитков. С целью расширения ассортимента сывороточных напитков с добавлением дикорастущих ягод нами проведены дополнительные исследования по разработке рецептур разных производителей.

На основании результатов проведенных исследований разработаны технология производства и рецептуры сывороточных напитков Рецептуры сывороточных напитков приведены в таблице 4.

Таблица 4

Рецептура обогащенных сывороточных напитков

Компонент	Сывороточный напиток с брусникой, кг (л)	Сывороточный напиток с голубикой, кг (л)
Дикорастущие ягоды	60	60
Сыворотка	**37,86**	40
Сахар	1,3	1
Лимонная кислота	0,14	0,14

Результаты дегустационной оценки служат, как известно, существенным дополнением к общей оценке качества продукции.

Для исследований использованы разные рецептуры производства обогащенных напитков. Анализируя данные таблицы 4, видим, что обогащенные сывороточные напитки с добавлением брусники имеют в составе высокое содержание лимонной кислоты за счет содержания в рецептуре большего количества варенья и молочной кислоты за счет содержания в рецептуре большего количества молочной сыворотки по сравнению с напитком, в состав которого входит голубика.

Выводы. Сывороточные напитки с разными наполнителями, добавками в последнее время получили широкое распространение, так как являются полезными для здоровья человека и экологически чистыми продуктами.

Качество сывороточных напитков определяют по органолептическим показателям: вкусу и запаху, внешнему виду и консистенции, цвету, а также по кислотности.

Консистенция и характер сгустка обогащенных сывороточных напитков зависят от сырья и технологии, а также от способа производства.

Исходя из проведенной работы, сделаны следующие выводы.

1. Нами изучена особенность технологии производства обогащенных напитков в условиях ООО «Тывамолоко», которая соответствует общепринятым методикам для данного продукта.

2. Органолептическая оценка показала, что сывороточные напитки имеют соответствующий привкус добавленных ягод, без посторонних привкусов и запахов.

Сывороточный напиток с добавлением брусники имеет гармоничный вкус. Все показатели этих образцов имеют высокую оценку, причем за цвет и аромат — наивысший балл.

3. Результаты физико-химической экспертизы образцов показали, что пробы не имеют значительных различий и соответствуют требованиям безопасности на данную категорию продукции.

4. Производство обогащенных сывороточных напитков на основе молочной сыворотки экономически эффективно, даже при отпускной цене в 70 руб. за литр. Уровень рентабельности составил в сывороточном напитке с брусникой 6,71%, в сывороточном напитке с голубикой 9,94% соответственно, разница 3,23%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буянова И. В., Котлярова М. В. Технологические основы вакуумного концентрирования молочной сыворотки // Молочная промышленность, 2017. — № 7. — С. 27–30.

2. Буянова И. В., Плохих Н. А., Бардокина Н. В. Научное обоснование режимов вакуумного обезвоживания в производстве сывороточных концентратов // Актуальные проблемы техни-

ки и технологии переработки молока : сб. науч. трудов с междун. участием, 2014. — Вып. 11. — С. 52–55.

3. Буянова И. В., Куулар Ч. Г., Шрайнер В. А. Нетрадиционные технологии теплорадиационного обезвоживания в переработке молочной сыворотки // Современные достижения биотехнологии, техника, технологии и упаковка для реализации инновационных проектов на предприятиях пищевой и биотехнологической промышленности, 2020. — С. 70–73.

4. Evdokimov I. A., Volodin D. N., Misyura V. A., Zolotoreva M. S., Shramko M. I. Functional fermented milk desserts based on acid whey // Foods and Raw Materials, 2015. — Vol. 3. — № 2.

5. Евдокимов И. А., Дыкало Н. Я., Пермяков А. В. Электродиализ молочной сыворотки. — Георгиевск : ГТИ (филиал) СевКавГТУ, 2009. — 248 с.

6. Ермолаев В. А., Просеков А. Ю. Вакуумные технологии молочно-белковых концентратов : монография. — Кемерово : Кузбассвузиздат, 2010. — 212 с.

7. Золоторева М. С., Топалов, В. К., Володин Д. Н., Евдокимов И. А. Вопросы переработки кислой молочной сыворотки // Сыроделие и маслоделие, 2014. — № 6. — С. 46.

8. Новикова Н. А. Тенденции развития молочной отрасли в России // Агропродовольственная экономика, 2017. — № 3. — С. 24–29.

9. Храмцов А. Г., Евдокимов И. А., Нестеренко П. Г. Инновационные приоритеты использования молочной сыворотки на принципах логистики безотходной технологии // Молочная промышленность, 2008. — № 11. — С. 28–31.

10. Молочная сыворотка в России: проблемы переработки и перспективы рынка: Исследования промышленных рынков: Биотехнологии. URL: http://www.abercade.ru/research/analysis/5148.html.

УДК 637.146.4:339.133.017 (571.150)

ИЗУЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА РЫНКЕ СЫВОРОТОЧНЫХ НАПИТКОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

М. Д. Ливицкая

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, г. Бийск, Россия

Рассматривается маркетинговое исследование кисломолочных напитков и напитков из вторичных сырьевых ресурсов. Приводится ассортимент продукции, ценовая категория и выявление предпочтений в кисломолочной продукции у населения Алтайского края.

Ключевые слова: сывороточные напитки, маркетинговое исследование, сквашенные напитки, напитки на основе растительного сырья

В настоящее время у большей части населения наблюдается дефицит белков в рационе питания, а также практически круглогодичный авитаминоз с сезонными обострениями. Недостаточное потребление белка, в особенности это неблагоприятно для детей, может привести к необратимым процессам, таким как задержка в умственном и физическом развитии, сердечно-сосудистая недостаточность, проблемы с пищеварительной системой. Проблема получения белка и витаминов может быть решена при использовании в рационе питания продуктов растительного происхождения. При этом наиболее перспективными являются исследования, связанные с безотходным использованием молочного сырья при производстве комбинированных функциональных продуктов на основе молока с растительным сырьем, произрастающим на территории Алтайского края.

Особое место в питании отводится продуктам из сыворотки. Химический состав, высокая биологическая и пищевая ценность, с одной стороны, и лечебные свойства с другой обусловливают лечебно-профилактические свойства напитков из сыворотки. Расширить спектр лечебно-профилактического применения сыворотки позволяет ее обработка микроорганизмами-пробиотиками, а также использование соков и/или экстрактов растительного сырья для приготовления напитков. Пробиотические микроорганизмы — это живые непатогенные и нетоксигенные микроорганизмы — представители защитных групп нормального кишечного микробиоценоза человека и природных симбиотических ассоциаций, благотворно влияющие на организм человека путем поддержания нормального состава и биологической активности микрофлоры пищеварительного тракта, преимущественно родов: *Bifidobacterium, Lactobacillus, Lactococcus, Propionibacterium* и др. Включение в состав таких напитков растительных экстрактов позволяет улучшить органолептические показатели готовых напитков, а также корректировать их витаминно-углеводный состав. В последние годы в нашей стране и за рубежом все больше распространяются напитки специального назначения, отличительной особенностью которых является присутствие в них физиологически функциональных пищевых ингредиентов: витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и др. [4].

Для того чтобы определить отношение потребителей к такому нетрадиционному продукту, как сквашенный напиток на основе концентратов сывороточных белков с добавлением растительных экстрактов, был проведен социологический опрос, основной целью которого являлось определение перспектив и целесообразности производства подобных напитков в Алтайском крае.

Опрос проводился методом анкетирования. Было опрошено свыше 70 человек. В опросе участвовали женщины и мужчины в возрасте от 10 до 45 лет.

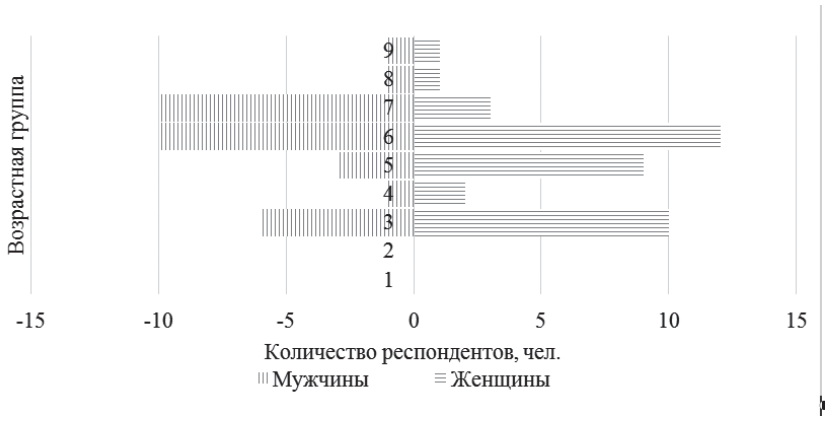


Рис. 1. Половозрастная пирамида респондентов:
1) 0–5 лет; 2) 6–10 лет; 3) 11–15 лет; 4) 16–20 лет; 5) 21–25 лет; 6) 26–30 лет; 7) 31–35 лет; 8) 36–40 лет; 9) 41–45 лет

Большинство проголосовавших были в возрасте от 26 до 30 лет. Большая часть ре-спондентов этой возрастной группы употребляют сывороточные напитки, исходя из по-лезности данного продукта.

Группа респондентов в возрасте от 11 до 15 лет употребляют сывороточные напитки, исходя из вкусовых качеств.

Большинство респондентов употребляют сывороточные напитки в связи с их полезностью за счет компонентов, входящих в напиток.

При выборе места покупки продовольственных продуктов самыми важными критериями для потребителей являются: цена, ассортимент, близость к дому, свежесть продуктов, наличие рядом других отделов, полезность продуктов (рис. 2).

Основными причинами употребления сывороточных напитков большинство респондентов назвали полезность (56,8%) и приятный вкус (43,2%).

Также к основным критериям выбора сывороточных напитков респонденты отнесли отсутствие искусственных добавок, сбалансированный состав и усвояемость, хорошие вкусовые качества.

Рис. 2. Частота употребления напитков на основе молочной сыворотки

Рис. 3. Потребительские предпочтения по видам молочной продукции

26,9% потребителей предпочитают кефир, 22,4% — сывороточный напиток, 17,9% — йогурт, 13,4% — ряженку, 10,4% — варенец. Остальные 9% предпочитают другие кисломолочные напитки (снежок, сметану, творог).

Алтайский край традиционно рассматривается как сельскохозяйственный регион — поставщик зерна, молока, мяса. Производство и переработка молока в крае развита широко. В таблице представлен перечень производителей, которые занимаются кисломолочной продукцией, в том числе и сквашенными напитками из вторичного сырья.

Производители сквашенных напитков из вторичного сырья в Алтайском крае

Наименование предприятия	Ассортимент сквашенных напитков
ОАО «Модест», г. Барнаул	Морс (напиток сывороточный пастеризованный, обогащенный микроэлементами (железо-цинк), с соком яблока-черники, для питания детей раннего возраста)
ООО «Брюкке», г. Барнаул	Кисломолочный напиток БИОПАХТА, м. д.ж. 0,5%; Пахта пастеризованная м. д.ж. от 0,3% до 0,7%

На 2020 г. средняя потребительская цена на кисломолочную продукцию по Алтайскому краю составила 61,46 руб. за 1 л [3].

Основные критерии, делающие продукцию на основе сыворотки привлекательной для потребителя: польза и вкусовые характеристики. Меньше всего потребителя волнуют бренд, ассортимент, заквасочная культура, энергетическая ценность и упаковка.

Как правило, за одну покупку респонденты приобретают в среднем 1 л кисломолочного продукта (35,4%) (рис. 4).

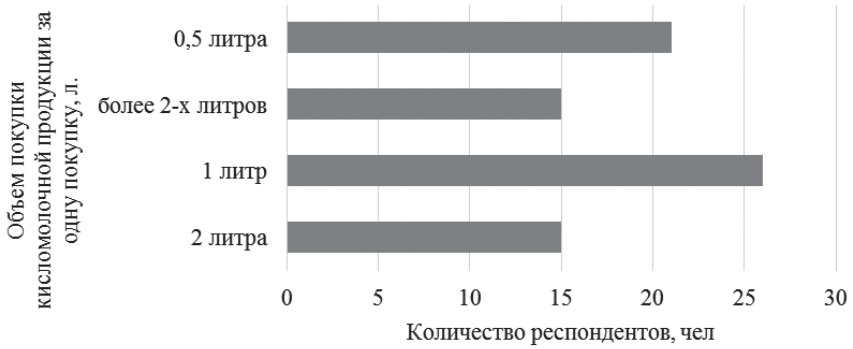


Рис. 4. Количественное потребление кисломолочных продуктов

Затем выбираем стратегию ценообразования. Прежде чем производить на массовый рынок продукты на основе сыворотки, необходимо использовать стратегию проникновения цен.

По результатам исследования потребительских предпочтений определена мотивация потребления сывороточных напитков. Также выяснили, что динамика потребления кисломолочных напитков стабильна, в связи с этим данная отрасль продолжает развиваться..

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюкке. Каталог продукции. URL: https://brukke.com/produktsiya/molochnaya-produktsiya/ (дата обращения: 20.08.2021).

2. Модест. Продукция. URL: https://altaiprod.ru/catalog/goods/917/ (дата обращения: 20.08.2021).

3. Потребительские цены в Алтайском крае. URL: https://akstat.gks.ru/storage/mediabank/130210–1(65).htm (дата обращения 20.08.2021).

4. Школьникова М. Н., Егорова Е. Ю. Товароведно-технологическая характеристика растительного сырья, используемого в производстве бальзамов и БАД. — Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. — 160 с.

УДК 579.67

ПРОБИОТИКИ И МЕТАБИОТИКИ НА ОСНОВЕ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Р. Д. Марченко

ООО «Артлайф», г. Томск, Россия

Человек и его микробиота являются взаимозависимыми системами. Быстрое преобразование мира привело к дестабилизации микробного сообщества, состояние которого обеспечивает нормальную жизнедеятельность человека. Адекватными способами воздействия на микробиоту является использование пробиотиков и их производных. Пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii* имеют долгую историю применения и одобрены к использованию как закваски, продуценты витамина B_{12} и пробиотики. В работе рассмотрены вопросы разработки, производства и некоторые свойства биотехнологических субстанций на основе *P. freudenreichii* для использования в пищевой промышленности. Представлены классические пробиотики, продукты на основе гидролизованной биомассы бактерий, микробных метаболитов и биотрансформированного селена. Изложенные результаты могут быть использованы для разработки субстанций на основе других видов пробиотических бактерий.

Ключевые слова: пробиотики, метабиотики, постбиотики, *Propionibacterium freudenreichii*, лизаты, фильтраты, селен

Введение. Современное представление о здоровье человека неразрывно связано с понятиями «микробиом» и «микробиота». Стремительно развивающиеся способы анализа микробных сообществ и их метаболитов, автоматизация рутинных процессов позволили сформировать картину мира, где человек рассматривается не изолированно, а как основной элемент «суперорганизма» [1]. Микробиота начинает воздействовать на человека уже с перинатального периода и сопровождает на протяжении всей жизни, прямо или косвенно участвуя во всех метаболических процессах. Большая часть микробиоты человека локализована в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), где с ее помощью происходят процессы синтеза витаминов, короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), медиаторов и их предшественников, других важных метаболитов [2]. Также к функциям нормальной микробиоты относится защита от вредных агентов (химических и биологических), развитие организма носителя, регуляция метаболизма макроорганизма.

Микробиота человека является открытой динамически изменяющейся системой, которая зависит от ряда факторов: питания, возраста, генетики, уровня физической активности, приема медицинских препаратов, места проживания и многого другого [3]. Среди всех факторов пищевые привычки оказывают наибольшее воздействие на качественный и количественный состав микробиоты, хотя на сегодняшний день существует ряд нерешенных проблем по установлению точных связей [4]. Одним из способов восстановления и поддержания нормальной микробиоты является использование продуктов на основе полезных для человека микроорганизмов. Имеется ряд свидетельств о пользе использования пробиотиков, пребиотиков и метабиотиков (постбиотиков) при различных патологических состояниях [5]. Метабиотики — развитие идеи пробиотиков, подразумевающее использование нежизнеспособных микроорганизмов и/или их компонентов для здоровья потребителя. В зарубежном сообществе устоялся термин «постбиотики», в отечественной литературе чаще используется развитое Б. Шендеровым эквивалентное понятие «метабиотики» [6, 7].

Молочнокислые пропионовокислые бактерии являются одними из хорошо изученных пробиотиков, применяемых также в пищевой промышленности (производство сыров, биоконсервация). Известными пробиотическими свойствами обладает вид бактерий *Propionibacterium freudenreichii* — они устойчивы к действию желудочного сока и желчных кислот, хорошо приспособлены к транзиту по ЖКТ, обладают адгезией к кишечному эпителию (причем даже после термической инактивации), продуцируют бифидогенные факторы, КЦЖК, конъюгированные жирные кислоты, некоторые витамины (в том числе B_{12}), нейтрализуют некоторые ионы тяжелых металлов и токсины, увеличивающие риск возникновения рака, проявляют антиоксидантные и иммуномодулирующие свойства. *P. freudenreichii* имеют богатую историю применения, статус GRAS (Generally Recognized As Safe — общепризнаны как безопасные), присвоенный управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США, и включены в список QPS (Qualified Presumption of Safety — квалифицированная презумпция безопасности) Европейского агентства по безопасности продуктов питания [8].

Настоящая работа направлена на создание линейки современных биотехнологических субстанций на основе *P. freudenreichii* для использования в пищевой промышленности.

Материалы и методы. В работе использован штамм *Propionibacterium freudenreichii* B-9653, депонированный во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов. Культивирование микроорганизма осуществлено на безмолочной питательной среде (ноу-хау ООО «Артлайф»). При разработке биотехнологического сырья использовано специализированное оборудование ООО «Артлайф», в том числе ферментерная система (100 л и 1000 л), высокоскоростная трубчатая центрифуга, ультрафильтрационная установка, установки для распылительного высушивания и сушки в кипящем слое.

Результаты и обсуждение. Штамм-продуцент *P. freudenreichii* выделен из швейцарского сыра. Ранее проведено исследование антиоксидантной активности жидкой культуры рассматриваемого штамма пропионовокислых бактерий высокочувствительным вольтамперометрическим методом. Штамм

B-9653 показал выраженные антиоксидантные свойства (кинетический критерий К=4,12±0,031 мкмоль/дм^3·мин для разбавленной в 10 раз жидкой культуры) [9]. В другой работе на основе данных о росте микроорганизма показано, что *P. freudenreichii* B-9653 имеет более развитую ферментативную систему для использования в качестве источника углерода молочных сред, а также лучше реагирует на наличие в среде триптона и лактата, чем близкородственный штамм B-9654. На примере совместного роста с *Lactobacillus acidophilus* 146 установлено, что *P. freudenreichii* B-9653 способен к более интенсивному росту и активной выработке пропионата в среде с некоторыми молочнокислыми бактериями. Пропионат является основным противобактериальным фактором изученных пропионовокислых бактерий при нейтральных значениях pH [10].

На базе *P. freudenreichii* B-9653 разработано, зарегистрировано и выпущено несколько видов биотехнологического сырья для пищевой промышленности: биомасса бактерий селективная PR-Frd серии «Панбиом» («Panbiom») (содержит бактерии группы *Propionibacterium freudenreichii*) — ***далее «Панбиом»***, биомасса гидролизованная «Ультрализат пептидный PR-Frd» (на основе *Propionibacterium freudenreichii*) — ***далее «Ультрализат»***, бесклеточный фильтрат бактерий «Метафильтрат PR-Frd» (на основе *Propionibacterium freudenreichii*) — ***далее «Метафильтрат»***, «Метабиотик пропионовокислых бактерий трехкомпонентный «Пропиобиотик» — ***далее «Пропиобиотик»***, лизат пропионовокислых бактерий с селеном «Пропиоселен» — ***далее «Пропиоселен»***. Краткая характеристика и назначение сырья представлены в таблице 1.

Панбиом — биомасса бактерий *P. freudenreichii*, находящихся в анабиозе. Микроорганизмы защищены пребиотической кислотостойкой микрокапсулой, формирующейся в процессе высушивания. *P. freudenreichii* является транзиторным пробиотиком, т. е. действует только в течение прохождения ЖКТ, что обуславливает необходимость его периодического употребления.

Таблица 1

Характеристика и назначение сырья на основе *Propionibacterium freudenreichii*

Сырье	Форма	Классификация	Основное назначение
Панбиом	Жидкая, сухая	Пробиотик	Модуляция микробиоты, синтез метаболитов *in situ* (на месте)
Ультрализат		Метабиотик (простой)	Модуляция иммунитета
Метафильтрат		Метабиотик (простой)	Готовые метаболиты
Пропиобиотик	Сухая	Метабиотик (комплексный)	Модуляция иммунитета, готовые метаболиты
Пропиоселен		Метабиотик (простой, специализированный)	Биологически доступные формы селена, модуляция иммунитета

Ультрализат — инактивированная и ферментативно гидролизованная биомасса бактерий *P. freudenreichii.* Содержит стабильные метаболиты и фрагменты клеточной стенки, что обеспечивает поддержание колонизационной резистентности. Лизаты поддерживают активность иммунитета, выступая в роли «мягкого» антигена.

Метафильтрат — метаболиты зрелой культуры *P. freudenreichii*, отделенные от жизнеспособных клеток недеструктивным методом — с помощью стерилизующей фильтрации. Высушивание метаболитов осуществляется при температурах, не превышающих температуру культивирования микроорганизма (30 °C). В отличие от пробиотиков, которым требуются время и подходящие условия для активации и выработки метаболитов, вид сырья уже содержит готовый комплекс соединений.

Пропиобиотик — комплексный вид сырья, содержащий концентрированный ***Ультрализат*** и ***Метафильтрат*** *P. freudenreichii.* При употреблении осуществляет «метаболическую имитацию» присутствия пробиотика, совмещая особенности лизата и фильтрата.

Пропиоселен — лизат пробиотических бактерий *P. freudenreichii*, культивированных на среде с высоким содержанием неорганического селена. Данные пропионовокислые бактерии переводят исходный селенит натрия в более биодоступные и менее токсичные формы — селенированные аминокислоты, наночастицы селена.

Пробиотики по ряду параметров отличаются от метабиотических продуктов, выигрывая в долгосрочной перспективе, но обладая некоторыми недостатками. Метабиотики не имеют традиционных ограничений пробиотиков, поэтому могут применяться в условиях, когда живые микроорганизмы неэффективны. Пробиотики и метабиотики полностью совместимы между собой. Сравнение некоторых потребительских и технологических свойств биотехнологического сырья представлено в таблице 2.

Все обсуждаемые виды продуктов производятся с использованием инокулята *P. freudenreichii* B-9653, масштабируемого до количества нескольких килограммов в опытно-производственной биотехнологической лаборатории. Дальнейшее культивирование и обработка осуществляются согласно схеме (рис.).

Таблица 2

Сравнительная характеристика сырья на основе *Propionibacterium freudenreichii*

Особенность	***Панбиом***	***Ультрализат***	***Метафильтрат***	***Пропиобиотик***	***Пропиоселен***
Выполнение функций нормофлоры	+	-	+	+	-
Долговременный эффект	+	-	-	-	+
Эффективное использование одновременно с антибиотиками	-	+	+	+	+
Возможность глубокой промышленной обработки	-	+	-	-	+
Высокая скорость действия	-	+	+	+	+
Полная растворимость	-	-	+	-	-
Требовательность к условиям хранения	+	-	-	-	-
Возможность использования высоких дозировок	-	+	+	+	-

Разработанные продукты стандартизованы по общим показателям качества, таким как органолептические свойства, влажность, микробиологическая безопасность, безопасное содержание тяжелых металлов и отсутствие пестицидов, количество колониеобразующих единиц (***Панбиом***).

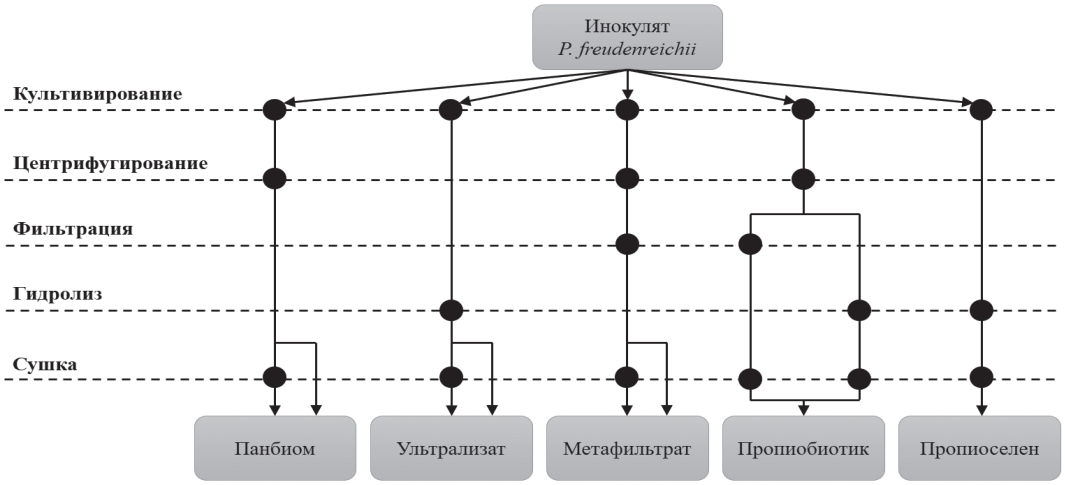


Схема технологических этапов производства

Подобраны и устанавливаются дополнительные специфические показатели качества, такие как аминокислотный состав, содержание органических кислот, некоторых витаминов группы В, неорганического и органического селена (***Пропиоселен***), молекулярно-массового состава олиго- и полипептидов (лизированные продукты), противомикробная и пребиотическая активность, содержание полисахаридов.

Заключение. На предприятии ООО «Артлайф» успешно разработаны, зарегистрированы и выпускаются новые виды биотехнологического сырья для пищевой промышленности. Производство метабиотиков открывает новый потенциал ставших традиционными пробиотических продуктов, так

как обладает некоторыми преимуществами, отсутствующими у живых микроорганизмов. Рассмотренные виды продуктов могут стать основой для разработки субстанций на базе других пробиотических микроорганизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Salvucci E. The human-microbiome superorganism and its modulation to restore health // Int. J. Food Sci. Nutr. Taylor & Francis, 2019. — Vol. 70. — № 7. — P. 781–795.

2. Shine E. E., Crawford J. M. Molecules from the Microbiome // Annu. Rev. Biochem. Annual Reviews, 2021. — Vol. 90. — № 1. — P. 789–815.

3. Gomaa E. Z. Human gut microbiota/microbiome in health and diseases: a review // Antonie Van Leeuwenhoek, 2020. — Vol. 113. — № 12. — P. 2019–2040.

4. Leeming E. R. et al. The complexities of the diet-microbiome relationship: advances and perspectives // Genome Med., 2021. — Vol. 13. — № 1. — P. 10.

5. George Kerry R. et al. Benefaction of probiotics for human health: A review // J. Food Drug Anal., 2018. — Vol. 26. — № 3. — P. 927–939.

6. Salminen S. et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics // Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol., 2021. — Vol. 18. — № 9. — P. 649–667.

7. Shenderov B. A. Metabiotics: novel idea or natural development of probiotic conception // Microb. Ecol. Heal. Dis., 2013. — Vol. 24.

8. Rabah H., Rosa do Carmo F. L., Jan G. Dairy Propionibacteria: Versatile Probiotics // Microorganisms. MDPI, 2017. — Vol. 5. — № 2. — P. 24.

9. Драчева Л. В. и др. Вольтамперометрическое исследование антиоксидантной активности жидких культур пропионовокислых бактерий // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология, 2009. — № 4. — P. 24–28.

10. Danilova I. V et al. Propionibacterium freudenreichii strains as antibacterial agents at neutral pH and their production on food-grade-media fermented by some lactobacilli // J. Food Saf. John Wiley & Sons, Ltd, 2012. — Vol. 32. — № 1. — P. 48–58.

УДК 547.91'96:641

ВЛИЯНИЕ БЕЛКА И ЖИРА НА ПРОЦЕСС СФЕРИФИКАЦИИ В МОЛЕКУЛЯРНОЙ КУХНЕ

Л. Е. Мелёшкина, Н. В. Червякова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Разработка инновационных продуктов опирается на уникальные технические решения, максимальным спектром которых располагает молекулярная кухня. Сферификация как прогрессивная техника молекулярной кухни достаточно широко применяется в области фармацевтики, но не находит широкого применения в пищевой биотехнологии. Для разработки научных принципов изготовления новых структур пищевых продуктов в статье представлены исследования влияния содержания белка и жира на формирование сфер, установлено, что рекомендуемое содержание жира и белка в продуктах не должно превышать 6% и 4% соответственно.

Ключевые слова: молекулярная кухня, сферификация, кисломолочные продукты, структурно-механические свойства

За последнее столетие развивалось множество направлений научных отраслей, открывались совершенно новые взгляды на самые привычные для повседневной жизни вещи. Инновации не обошли и пищевую индустрию. Самым впечатляющим нововведением в ней является молекулярная гастрономия. Молекулярная гастрономия — это наука о физических и химических превращениях в продуктах в процессе их приготовления. Самыми известными техниками данной отрасли являются сферификация, эспумизация, применение жидкого азота, вакуумная обработка «sous-vide» и многие другие. Так, сферификация позволяет вырабатывать пищевые продукты, фармпрепараты, биологически активные добавки в виде сфер с различными вкусовыми акцентами, регулируемого состава как длительного хранения, так и для непосредственного потребления после приготовления на предприятиях общественного питания. В сферическую оболочку могут быть заключены как основные блюда, так и закуски (искусственные шарики икры), соусы, кондитерские изделия, фруктовое пюре, напитки. Сферификация открывает широкие перспективы не только для создания кулинарных творений, но и в производстве пищевой продукции для специальных целевых групп населения.

Немногочисленные публикации по вопросам молекулярной гастрономии в основном посвящены вопросам сенсорной оценки молекулярных продуктов и связанным с ней перспективам высокой кухни [1, 2]. Практически отсутствуют данные о влиянии различных факторов на физико-химические параметры процесса сферификации, получение новых структур продуктов для обеспечения функциональных свойств, что не позволяет в полной мере использовать потенциал молекулярной гастрономии как перспективной сферы пищевой биотехнологии.

Целью представленных исследований явилась оценка влияния основных структурообразующих компонентов кисломолочных продуктов — белка и жира — на процесс сферификации. Для оценки структурно-механических свойств, влияющих на потребительские достоинства сферифицированной продукции, были разработаны методы оценки:

— расплываемости сфер как отношение высоты к диаметру сфер через 60 минут после приготовления;
— сохранности формы сфер как отношение начального диаметра сфер к диаметру через 60 минут после приготовления, выраженная в процентах.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ 5867–90, массовую долю белка определяли по ГОСТ 23327–98.

Для получения сфер путем контролируемого гелеобразования гидроколлоидов проводили формование путем последовательного погружения в растворы альганата натрия и лактата кальция с последующим промыванием в питьевой воде [3], оценивали сохранность формы сфер. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Полученные данные показали, что массовая доля жира влияет на процесс сферификации, снижение массовой доли жира приводит к ухудшению сохранности формы сфер. Сметана, обладая более высокой массовой долей жира и более плотной консистенцией, лучше стабилизирует продукт, образцы имеют четкую сферическую форму. Массовая доля белка оказывает противоположное содержанию жира влияние на сохранность сфер: с увеличением белка сохранность формы снижается. Однако не исключено влияние на ход процесса рецептурных компонентов продуктов, например наличие загустителей, которое было исключено на следующем экспериментальном этапе.

Таблица 1

Наименование образцов	Массовая доля жира,%	Массовая доля белка,%	Сохранность формы,%
Сметана	10,0	3,0	98,1
Йогурт	3,0	3,3	96,0
Варенец	2,5	3,2	88,5
Кисломолочный напиток № 1	2,7	3,6	93,9
Кисломолочный напиток № 2	2,7	2,9	97,2

На втором этапе исследований изучено изменение структурно-механических свойств продукта с моделируемыми показателями массовой доли жира и массовой доли белка в диапазоне от 4% до 10% путем добавления расчетного количества масла животного (с исходной жирностью 82,5%) и концентрата сывороточного протеина «Whey protein» (с массовой долей белка 19,1%). Расчет количества смешиваемых компонентов производился по методу квадрата Пирсона. Сохранность формы сфер исследуемых образцов представлена в таблицах 2–3.

Таблица 2

Массовая доля жира,%	Наименование образцов и показателей			
	Кисломолочный напиток № 2 (м. д. белка — 2,9%)		Кисломолочный напиток № 1 (м. д. белка — 3,6%)	
	сохранность формы,%	расплываемость	сохранность формы,%	расплываемость
2,7	97,2	0,23	93,9	0,25
4	97,2	0,18	98,1	0,44
6	96,1	0,15	97,2	0,45
8	94,3	0,15	96,0	0,48
10	93,0	0,12	91,3	0,52

По результатам исследований установлено, что высокое содержание жира в сочетании с повышенным содержанием белка в образце № 1 является негативным фактором. С ростом жирности и густоты продуктов возрастает давление содержимого сфер на их стенки, сферы теряют четкую округлую куполообразную форму, расплываются, что наиболее выражено с увеличением массовой доли жира выше 6%.

Таблица 3

Массовая доля белка,%	Наименование образцов и показателей			
	Кисломолочный напиток № 2 (м. д. жира — 2,7%)		Кисломолочный напиток № 1 (м. д. жира — 2,7%)	
	сохранность формы,%	расплываемость	сохранность формы,%	расплываемость
2,9	97,2	0,24	—	—
3,6	—	—	93,9	0,29
4	95,8	0,56	96,0	0,34
6	95,0	0,58	95,9	0,47
8	94,1	0,62	96,3	0,47
10	87,0	0,64	93,1	0,58

С возрастанием массовой доли белка при добавлении концентрированного сывороточного протеина «Whey protein» увеличивается плотность полученных продуктов. Сохранность формы таких образцов уменьшается, а расплываемость увеличивается. Нивелировать данный процесс возможно, регулируя толщину стенок сфер и их прочность, модифицируя технологию гелеобразования. Однако для выработки продуктов общеизвестной технологией сферификации продукты с массовой долей белка выше 4% использовать нежелательно.

Таким образом, анализ структурно-механических свойств продуктов сферификации продемонстрировал их прямую зависимость от массовой доли жира и массовой доли белка в обрабатываемом продукте. Оба этих фактора играют важную роль в образовании сфер, при этом преобладает влияние массовой доли жира. При использовании в качестве наполнителя сфер кисломолочных напитков рекомендуемое содержание жира и белка не должно превышать 6% и 4% соответственно.

Авторы благодарят за финансовую поддержку Минобрнауки РФ (тема № 075–00316–20–01, FZMM-2020–0013, мнемокод 0611–2020–013).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sensory quality of molecular dishes and consumers' attitudes towards them / A. Głuchowski, E. Czarniecka-Skubina, M. Pielak, E. Ołubiec-Opatowska. — Italian Journal of Food Science, 2019. — Vol. 31. — Iss. 3. — P. 501–513. URL: https://doi.org/10.14674/IJFS-1423 (дата обращения: 01.04.2021).

2. Assessing the long-term impact of the molecular gastronomy movement on haute cuisine / C. Spence, J. Youssef. — International Journal of Gastronomy and Food Science. — 2018. — Vol. 14. — P. 35–44. URL: https://DOI**:** 10.1016/j.ijgfs.2018.10.001 (дата обращения: 12.05.2021).

3. Chervyakova N.V., Agafonova E.A., Meleshkina L.E. Molecular cuisine techniques means of dealing with the effects of radionuclide poisoning // Сборник трудов XVII Всероссийской научн.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь», 2020. — С. 15–16. URL: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/54/ (дата обращения: 10.12.2020).

УДК 664:004.65

БАЗЫ ДАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДАННЫХ

Л.Е. Мелёшкина, О.Н. Мусина, А.В. Васильева, В.А. Гайсина, В.П. Зубаренко

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проектирование многокомпонентной пищевой продукции обогащенного состава функционального и специализированного назначения основано на использовании инструментария цифровой нутрициологии, включающего достоверные актуальные базы данных нутриентного состава. В статье изложены основные аспекты, обеспечивающие достоверность баз данных, положенные авторами статьи в основу работы по созданию региональной базы данных химического состава пищевой продукции и продовольственного сырья Алтайского края.

Ключевые слова: базы данных химического состава пищевых продуктов, цифровая нутрициология, достоверность данных, методы испытаний пищевой продукции, микронутриенты

При решении современных задач цифровой нутрициологии и проектировании пищевых продуктов заданного состава необходимо основываться на данных, достоверно отражающих действительность. Неполные или недостоверные данные о нутриентном составе продовольственного сырья и пищевых продуктов и их использование могут привести к ошибочным выводам в научных исследованиях, к неадекватным клиническим рекомендациям, неправильным проектировочным решениям, а также вводящей в заблуждение маркировке пищевых продуктов, ложным заявлениям о влиянии продукции на здоровье и соответственно неадекватному выбору продуктов питания [1, 2].

В настоящее время для компиляции уже полученной информации разрабатываются базы данных (БД), или, в англоязычной транскрипции — Food Composition Databases (FCDB). Данные в БД однородны и структурированы, что позволяет наиболее полно увидеть картину, имеют электронный вид, что позволяет быстро их изменять и распространять, встраивать в алгоритмы программ. Широко представлен вариант хранения информации в виде отдельных электронных таблиц (Food Composition Tables, FCT). Основное различие между FCT и FCDB заключается в том, что таблица содержит мало или вообще не содержит сопроводительной документации по данным, в то время как база данных позволяет получить исчерпывающую информацию по данным, которая хранится в различных файлах [3].

Современное стремление к глобализации, развитие мировой торговли актуализируют потребность в создании международных БД. Составление и ведение БД требует больших аналитических

ресурсов. Основным критерием для данных, включаемых в БД, является однородность, репрезентативность и достоверность. Для достижения этих показателей необходимо придерживаться трех принципов оценки качества данных [4]:

1) при составлении БД необходимо опираться на международные стандарты и руководящие принципы формирования и компиляции данных о составе пищевых продуктов. Так, крупнейшие компиляторы баз данных, такие как FAO/INFOODS, EuroFIR, создали методические рекомендации для данных, вносимых в базы [5];
2) регулярно обновлять и создавать национальные и/или региональные таблицы / БД по составу пищевых продуктов. Качественные данные о составе пищевых продуктов должны быть репрезентативными для модели питания страны / региона, включать большинство продуктов с высоким потреблением. Имеет смысл включать в таблицы не только необработанные продукты (сырье), но и «сложные» рецептурные продукты, в том числе функциональные и обогащенные;
3) специалисты, занимающиеся формированием и валидацией БД, должны регулярно проходить обучение по всем аспектам, связанным с составом пищи.

Так, в Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова при составлении БД «Химический состав продовольственного сырья и пищевых продуктов» были обработаны данные о химическом составе более чем 500 источников и выявлены актуальные моменты, на которые следует обращать внимание исследователям и компиляторам при оценке достоверности данных, что соотносится с рекомендациями методических указаний FAO/INFOODS, EuroFIR [6, 7].

На первом этапе анализа продуктов, включаемых в базу данных, стоит обратить внимание на метод определения нутриента. Существуют нутриенты, для которых, независимо от метода, получаются сопоставимые результаты (т. е. различные методы обеспечивают сходные значения), например, отдельные жирные кислоты и аминокислоты, общий азот, сахара, олигосахариды, крахмал, спирт, минеральные вещества, тиамин, рибофлавин, ниацин, пантотеновая кислота, биотин и витамин B_{12}. Для других компонентов результаты, полученные разными методами, различаются: вода, общий жир, холестерин, клетчатка, фолиевая кислота, ретинол, каротиноиды, витамины A, E, D, B_6 и C.

Обычно, выбирая метод, исследователям приходится делать выбор не в пользу качества полученных данных, а в пользу экономической и физической доступности метода. Поэтому компиляторам баз данных, которые проводят валидацию данных, необходимо знать, какие методы на сегодняшний момент считаются наиболее достоверными.

В качестве примера рекомендуемого нами подхода к оценке качества данных рассмотрим несколько нутриентов и методы, которые можно использовать для их определения.

Содержание влаги в продукте является важным показателем и определяется всегда, так как ценность остальных питательных веществ зависит от этого показателя, также влага может использоваться для корректировки (пересчета) макро- и микронутриентов. Для воды все аналитические методы, кроме сублимационной сушки, приводят к сопоставимым значениям. Сублимационная сушка дает сопоставимые с другими методами значения, только если она проводится до полного удаления влаги.

Определение белка обычно проводят методом оценки содержания общего азота или анализом содержания аминокислот, которые потом пересчитывают в значение «истинного белка». Более простым в определении белка является метод Кельдаля (общего белка). Для продуктов, богатых нитратами и нитритами, метод может дать погрешность, этот факт следует учитывать при постановке эксперимента.

Общий жир — это сумма триглицеридов, фосфолипидов, стеринов и других родственных соединений. Рекомендуемый метод, который дает полные липидные экстракты, — это экстракция смешанным растворителем (например, хлороформ-метанолом). Широкое применение получил метод Сокслета, основанный так же на экстракции, но одним растворителем, что может привести к недооценке значения жира, особенно когда предварительный гидролиз образца кислотой не проводится.

Для показателя неперевариваемого остатка пищи (пищевые волокна) значения, полученные любым из методов, приводят к значительным различиям, поскольку в зависимости от используемо-

го метода анализируются различные фракции волокон. Долгое время основным методом был метод определения сырой нерастворимой клетчатки, но было доказано, что клетчатка (точнее, целлюлоза) составляет только часть пищевых волокон, например, в 100 г пшеницы показатель клетчатки 1,2–2,2 г, в то время как пищевых волокон 11,4–17,2 г, следовательно, клетчатка не может достоверно характеризовать содержание пищевых волокон. Для определения содержания пищевых волокон в настоящее время принято использовать гравиметрически-ферментативный метод, выделяющий фракции волокон наиболее полным образом [4].

На примере пищевых волокон хорошо видно, что чем больше знаний накапливает наука о составе пищевых продуктов, биоактивности макро- и микронутриентов и их влиянии на здоровье и гомеостаз человека, тем актуальнее становится проблема разработки и апробация высокоселективных высокочувствительных аналитических методов для определения минорных элементов.

Таким образом, выбор метода исследований является одним из ключевых факторов качества получаемых данных. Также необходимо учитывать, что методы видоизменяются, а для конкретного продукта могут вообще отсутствовать стандартизованные методы. В этом случае приходится рассматривать альтернативные методы получения значений, формировать базу из данных, полученных различными способами, отдавая предпочтение результатам исследований аккредитованных лабораторий, регулярно подтверждающих свою компетентность.

На данный момент точные аналитические данные получают с помощью различных видов хроматографии и масс-спектрометрии, такой подход позволяет получать сопоставимые результаты, но требует грамотного планирования эксперимента и стоимость анализа высока.

Наиболее точные данные, отражающие действительность, могут быть получены посредством многократного эксперимента, так как для получения качественных аналитических данных один и тот же образец должен анализироваться в разных лабораториях. Например, постановление США требует, чтобы 12 продуктов питания собирались и анализировались индивидуально для каждого продукта для целей маркировки. Проведение таких исследований дает высокоэффективные результаты, но требует вовлечения множества ресурсов, что невозможно без единого органа — регулятора и государственной поддержки. Методические рекомендации советуют компиляторам обращать внимание на описание постановки эксперимента и включать эту информацию (количество образцов, количество экспериментов) в архивную базу данных [5].

Исходя из разнообразия методов определения, возникает следующая проблема — это описание самого нутриента (идентификация). Например, можно ли считать корректным сравнение двух продуктов, содержащих «Витамин А», если отсутствует информация о способе получения этого результата. Для нивелирования данного фактора международными компиляторами были разработаны системы идентификаторов компонентов (например, для программы INFOODS — tagnames). Они подобны кодам или аббревиатурам, которые позволяют четко определить компонент, используя всего несколько символов. Рассмотрим принцип работы тегнеймов на примере витамина А. Общий витамин А может быть определен с помощью биотестирования и выражен в международных единицах (МЕ), также получен расчетным путем, рассчитан по ретинолу и активным каротиноидам, также оставляется тег для неизвестного метода определения. Таким образом, тег «VITA»витамин А получен путем суммирования активности витамина А, ретинола и активных каротиноидов, «VITAA» получен биологическим анализом, «VITA-» метод определения неизвестен [4].

Учитывая биоразнообразие, представленное на планете, есть еще один аспект, о котором стоит упомянуть: это точность описания самого образца. Среди всех факторов, влияющих на состав продуктов питания, генетика (т. е. биологическое разнообразие продуктов питания) является определяющим фактором. Так, у разных сортов или пород одного и того же объекта могут быть огромные различия в составе питательных веществ [8]. Остальные факторы также являются важными, но вторичными причинами изменения содержания питательных веществ в продуктах питания. Таким образом, описание продуктов питания должно обеспечить однозначность определения и должно включать название и полное описание (в том числе дополнительную информацию: способ приготовления и сохранения, происхождение, название анатомической части, съедобную / несъедобную часть и обогащение, которые включают в архивную базу данных).

Так, для большинства обывателей молоко — это просто питьевое молоко. Однако для однозначного определения продукта термина «молоко» недостаточно. Например, в FCT/FCDB (USDA SR28) [9]:

— термин «молоко» — 22 записи;
— термин «молоко, корова, жидкость» — 10 записей;
— термин «молоко, корова, жидкость, 3,25% жира» — 4 записи;
— термин «молоко, коровье, жидкое, 3,25% жира, нерафинированное» — 1 запись.

Для того чтобы привести в порядок описание продуктов, компиляторы советуют пользоваться стандартизованными международными системами описания, например, LanguaL. LanguaL — это многогранный язык описания продуктов питания, который изначально был разработан компанией US Food. Каждому продукту назначается набор дескрипторов, что позволяет наиболее полно описать продукт стандартизированным способом [10].

Не менее важной проблемой является единица измерения компонента, так как данные выражаются различными способами в зависимости от принятой системы измерения. Для агрегирования или сравнения данных из разных источников часто бывает необходимо преобразовать их, что приводит к ошибкам, так как зачастую в источнике нет достаточной информации для корректного преобразования. В рамках проекта FAO/INFOODS было разработано методическое пособие для корректного перевода одной единицы в другую.

Преимущественно для описания состава пищевых продуктов рекомендуется использовать метрические единицы (г, мг или мкг). Поскольку пища обычно потребляется из расчета на свежий вес и съедается только съедобная часть, данные о составе пищевых продуктов обычно указываются на 100 г съедобной части в пересчете на свежий вес — «на 100 г съедобной части на основе сырого веса (edible portionon fresh weight basis — EP)», для жидкостей — на 100 мл. С другой стороны, в научных статьях данные часто указываются на 100 г сухого вещества (чтобы сравнивать состав продуктов стандартизованным способом без какого-либо влияния в изменении содержания воды). Для последующего пересчета необходимо указывать содержание воды. Аминокислоты, жирные кислоты могут указываться на грамм общего белка (необходима дополнительная информация о значении белка для пересчета), на грамм общих липидов (необходима дополнительная информация о содержания жира для пересчета) [4].

Таким образом, подводя итог, можно сказать, что несоблюдение принципов оценки качества данных, недостаточность дополнительной информации об образце и методе может приводить к осложнению или в корне неверной работе компилятора. Важно помнить, что необоснованные числовые значения как таковые бессмысленны и не дают объективной оценки реальности.

Данные о составе пищевых продуктов должны быть достаточно документированы для правильной интерпретации и использования, что накладывает ответственность на каждое звено цепи от исследователя, так как источником информации для базы данных может являться любой достоверный ресурс (отчет, протокол, статья, монография и др.) [11].

На этапе оформления данных исследователю важно помнить, что для любого числового значения должно быть известно точное описание продукта, компонента, единицы измерения. Для пищевых компонентов, зависящих от метода, необходимо оценить аналитический метод, используемый для обеспечения возможности объединения и сравнения значений, иметь информацию об отборе проб, обработке проб, количестве проанализированных проб, аналитических мерах обеспечения единства измерений, компонентах, способствующих этому. Компилятор, в свою очередь, должен адекватно оценивать поступающую информацию, проходить курсы повышения квалификации для актуализации своих знаний о методах, международной практике составления баз данных и исследований пищевых продуктов.

В настоящие время в Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова ведется работа по созданию и регистрации базы данных химического состава пищевой продукции и продовольственного сырья, для обеспечения достоверности которой учтены изложенные в статье аспекты.

Авторы благодарят за финансовую поддержку Минобрнауки РФ (тема № 075–00316–20–01, FZMM-2020–0013, мнемокод 0611–2020–013).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тутельян В.А., Мусина О.Н., Балыхин М.Г., Щетинин М.П., Никитюк Д.Б. Цифровая нутрициология: применение информационных технологий при разработке и совершенствовании пищевых продуктов : монография. — М. ; Барнаул : АЗБУКА, 2020. — 378 с. ISBN 978–5–93957–969–8.

2. Тутельян В.А. Эволюция и революции на пути формирования современной нутрициологии. Интегративная и цифровая нутрициология как ближайшее будущее. // Вопросы питания, 2018. — Т. 87, № S 5. — С. 21–22. URL: https://DOI 10.24411/0042–8833–2018–10101/.

3. Бессонов В.В., Богачук М.Н., Боков Д.О. и др. Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии // Вопросы питания, 2020. — Т. 89, № 4. — С. 211–219. URL: https://DOI 10.24411/0042–8833–2020–10058.

4. Composition of foods integrated dataset (CoFID): Guidance. — 23.03.2015 // GOV.UK. URL: https://www.gov.uk/government/publications/composition-of-foods-integrated-dataset-cofid (дата обращения: 01.03.2019).

5. Methods and Application of Food Composition Laboratory: Beltsville, MD // US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. — Nutrient Database for Standard Reference. Release 28 (Slightly revised). — Version Current: May 2016. URL: http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964 (дата обращения: 21.05.2021).

6. FAO/INFOODS Standards and Guidelines// The Food and Agriculture Organization of the United Nations. — [S. l.], 2021. URL: http://www.fao.org/infoods/infoods/standards-guidelines/ru/ (дата обращения: 28.06.2021).

7. EuroFIR / European Food Information Resource. — Belgian, [20]. URL: http://www.eurofir.org (дата обращения: 15.04.2021).

8. Greenfield, H. Southgate DAT, Food composition data. Producing, management and use / H. Greenfield, D.A. T. Southgate. — 2-e ed. — Rome: FAO, 2003. — 156 p. URL: http://www.fao.org/fileadmin/templates/food_composition/images/FCD.pdf (датаобращения: 28.06.2021).

9. Methods and Application of Food Composition Laboratory: Beltsville, MD // US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. — Nutrient Database for Standard Reference. Release 28 (Slightly revised). — Version Current: May 2016. URL: http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964 (датаобращения: 21.05.2021).

10. LanguaL™ — the International Framework for Food Description. — 29.09.2020 // LanguaL™ / Danish Food Informatics, 2015. URL: https://www.langual.org/default.asp (датаобращения: 01.04.2021).

11. Портнов Н.М. Методология компьютерного проектирования персонализированных рационов питания : дисс. … канд. техн. наук 05.18.15. — М., 2020. — 255 с.

УДК 664.66:634.741

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКА ИЗ ЯГОД ИРГИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБА

Е. В. Мельникова, Т. А. Лисовец

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

Развитие хлебопекарной отрасли в нашей стране сопровождалось стремительным развитием биохимических исследований. Современное хлебопекарное производство не может обходиться без ферментных препаратов растительного и микробного происхождения. Передовыми методами в хлебопечении для улучшения качества, расширения ассортимента хлебобулочных изделий и повышения их пищевой ценности сегодня является расширение сырьевой базы за счет использования ягодного нетрадиционного местного растительного сырья, вводимого в виде порошков, жмыха, пюре, паст и соков. В данной статье проведено исследование влияния нетрадиционного сырья, порошка из ягод ирги, на качество хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, качество, порошок из ягод ирги, рецептура, технология

Развитие хлебопекарной отрасли в нашей стране сопровождалось развитием биохимических исследований исходного сырья и процессов, происходящих при производстве хлеба. Академик А. Н. Бах в 1939 г. отмечал: «В условиях автоматизированного производства хлебопечения огромную роль представляет знание биохимических процессов, происходящих при тестоведении, расстойке теста и выпечке, и сейчас с полной определенностью можно сказать, что без этих знаний невозможно рационально управлять производством» [1].

Основой современного хлебопекарного производства является биотехнология, базирующаяся на достижениях микробиологии, биохимии, химической технологии, молекулярной биологии, генной инженерии и генетики [2].

В основе процессов приготовления хлебобулочных изделий лежит совокупность сложнейших изменений свойств сырья под воздействием микроорганизмов, как специально используемых в технологическом процессе, так и имеющихся в перерабатываемых рецептурных компонентах [3].

Современное хлебопечение не может обходиться без ферментных препаратов растительного и микробного происхождения, позволяющих повысить и стабилизировать выход хлеба, корректировать свойства основного сырья, реализовывать современные однофазные технологии, улучшать качество готового продукта [4].

Оптимальные решения технологических задач возможно лишь на основе глубокого изучения закономерностей отдельных этапов приготовления хлеба, выявления возможности воздействия определенными способами на направленность и интенсивность протекающих процессов [5].

Традиционный процесс производства хлеба можно условно разделить на три этапа, которые характеризуются определенными особенностями. Первый этап — замес теста, второй этап — брожение теста и третий этап — выпечка хлеба [6].

Одним из перспективных способов улучшения качества, расширения ассортимента хлебобулочных изделий и повышения их пищевой ценности является расширение сырьевой базы за счет использования ягодного нетрадиционного местного растительного сырья, вводимых в виде порошков, пюре, паст и соков. Такая добавка содержит наряду с витаминами и микроэлементами до 10% пектина, гемицеллюлозы, целлюлозы, веществ, входящих в группу пищевых волокон, оказывающих лечебно-профилактическое действие, способствующих нормализации обмена веществ и работы пищеварительного тракта. Внесение порошка в рецептуру хлеба должно сопровождаться улучшением биохимических процессов тестоведения, которые характеризуют качественные показатели хлеба [6].

В научной работе было исследовано влияние количества замены муки (5, 10, 15, 20% порошка) вносимой ягодной добавкой и ее влияние на качество хлебобулочных изделий. В качестве добавки

в данном исследовании выбрана ирга, которая известна большинству жителей Сибири. Из ягод ирги в домашних условиях готовят компоты, варенье, вино. Этот кустарник неприхотлив к суровым сибирским условиям, ежегодно дает хороший урожай, до 12 кг с одного трехлетнего куста.

Исследования проводились на кафедре ТХК и МП Института пищевых производств Красноярского ГАУ.

Изготовление образцов производилось по рецептурам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Рецептуры исследуемых образцов

Наименование сырья, г	Контр. образец	Образец № 1 (5% порошка)	Образец № 2 (10% порошка)	Образец № 3 (15% порошка)	Образец № 4 (20% порошка)
Мука пшеничная в/с	100	95	90	85	80
Дрожжи (хлебопекарные прессованные)	2	2	2	2	2
Соль	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Сахар-песок	6	6	6	6	6
Порошок из ягод ирги	—	4,45	9,10	13,64	18,20
Итого	109,3	108,75	108,40	107,94	107,50
Продолжительность брожения теста, мин	260	250	220	200	270
Продолжительность расстойки, мин	50	45	40	40	60
Температура выпечки, °С	250	250	250	250	250
Продолжительность выпечки, мин	20	20	20	16	25
Влажность теста,%	46	46	46	46	46

По результатам выпечки в исследуемых образцах были определены органолептические и физико-химические показатели качества. Данные показатели представлены в таблице 2 [7].

Таблица 2

Показатели качества готовых изделий

Показатель	Показатели по ГОСТ 25832–89	Контр. образец	Образец № 1 (5% порошка)	Образец № 2 (10% порошка)	Образец № 3 (15% порошка)	Образец № 4 (30% порошка)
Органолептические показатели						
Внешний вид	Без боковых выплывов и притисков	Без боковых выплывов и притисков	Без боковых выплывов и притисков	Без боковых выплывов и притисков	Без боковых выплывов и притисков	Имеются боковые выплывы и притиски
Форма	Круглая, с ровными краями	Круглая, с ровными краями	Круглая, с ровными краями	Круглая, с ровными краями	Круглая, с ровными краями	Круглая, с неровными краями
Поверхность	Шероховатая, без трещин, вздутий и подгорелостей	Шероховатая, без трещин, вздутий и подгорелостей	Шероховатая, без вздутий и подгорелостей	Шероховатая, без трещин, вздутий и подгорелостей	Шероховатая, без трещин, вздутий и подгорелостей	Неровная, с трещинами, без вздутий и подгорелостей
Цвет	От светло-коричневого до коричневого	Светло-коричневый	Светло-бордовый, без подгорелостей	Пурпурный, без подгорелостей	Бордовый, без подгорелостей	Бордовый, без подгорелостей
Эластичность мякиша	Эластичный	Эластичный	Эластичный	Эластичный	Эластичный	Неэластичный

Окончание таблицы 2

Показатель	Показатели по ГОСТ 25832–89	Контр. образец	Образец № 1 (5% порошка)	Образец № 2 (10% порошка)	Образец № 3 (15% порошка)	Образец № 4 (30% порошка)
Состояние мякиша	Пропеченный, с развитой пористостью, не влажный на ощупь, без следов непромеса	Пропеченный, с развитой пористостью, без следов непромеса, не влажный на ощупь	Пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса, с развитой пористостью	Пропеченный, не влажный на ощупь, с развитой пористостью, без следов непромеса	Пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса, с развитой пористостью	Пропеченный, влажный на ощупь, с плохо развитой пористостью, без следов непромеса
Цвет мякиша	Белый	Белый	Светло-бордовый	Светло-бордовый	Пурпурный	Ярко-бордовый
Вкус и запах	Свойственный данному виду хлеба, без постороннего привкуса и запаха	Без постороннего привкуса и запаха	С тонким привкусом ирги, слабо выражен запах	С тонким привкусом ирги, слабо выражен запах	С тонким привкусом ирги, слабо выражен запах	Ярко выражены привкус и запах пюре ирги
Физико-химические показатели						
Кислотность, град	4	2,3	2,45	2,61	2,4	3,12
Удельный объем, г/см ^{3}	От 160 до 240	180	189	194	230	264
Формоустойчивость, h/d	0,35–0,4	0,355	0,36	0,375	0,38	0,5
Влажность,%, не более	44	41	42	42,5	44	45

Из таблицы 2 видно, что внесение порошка из ягод ирги в хлеб в качестве нового ингредиента благоприятно отразилось на органолептических и физико-химических показателях опытного образца № 2, 3 в сравнении с контрольным образцом. Улучшились удельный объем, вкусовые качества, структурно-механические свойства мякиша.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно рекомендовать в качестве нового растительного компонента, улучшающего качество хлебобулочного изделия, использовать в количестве 15% порошка к массе муки при производстве хлебобулочных изделий по классической технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богатырев А. Н., Панфилов В. А., Тужилкин В. И Система научного и инженерного обеспечения пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России. — М. : Пищевая промышленность, 1995. — 528 с.

2. Конова Н. И., Назимова Г. И. Технологии перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса. Технология хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств. — Кемерово : Изд-во Кемеров. технол. ин-та пищ. Пром-ти, 2005. — 156 с.

3. Щербатенко В. В., Патт В. А., Столярова Л. Ф. Новые сорта хлеба повышенной биологической ценности и диетического назначения. Научно-техническая информация. — М. : ЦНИИТЭИпищепром, 1971. — 40 с.

4. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских продуктов питания. — М. : ДеЛи принт, 2001. — 270 с.

5. Лурье И. С., Шаров А. И Технохимический контроль сырья в кондитерском производстве. — М. : Колос, 2001. — 248с.

6. Матвеева И. В., Белявская И. Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба. — М. : ДеЛИ принт, 2001. — 150 с.

7. Типсина Н. Н., Варфоломеева Т. Ф., Селезнева Г. К. Технические регламенты для производства хлебобулочных изделий. — Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2012. — 222 с.

УДК 664.849:579.67

ПРОБИОТИЧЕСКАЯ ФЕРМЕНТАЦИЯ ПЛОДОВООВОЩНЫХ ПЮРЕ

В. В. Орлов, О. А. Сюзева

ООО «Артлайф», г. Томск, Россия

Ферментированные продукты за счет изменения компонентов пищи, синтеза метаболитов и новых полезных соединений и содержания живых пробиотических микроорганизмов обладают противораковыми, противоопухолевыми, противовоспалительными, противомикробными, антиоксидантными, противодиабетическими и другими свойствами. В представленной работе рассмотрен процесс получения сухого биоферментированного пробиотического плодовоовощного концентрата и изучена выживаемость бактерий в процессе хранения готовых продуктов при температурах 2–6 и 20–25 °С. После 12 месяцев хранения выживаемость составила 8% и 0,04% соответственно.

Ключевые слова: ферментация, пробиотики, *Bifidobacterium animalis*, выживаемость бактерий, ферментированные продукты

Введение. Ферментированные продукты существуют тысячи лет, они производятся и потребляются с момента развития человеческих цивилизаций**.** Это продукты, полученные в результате контролируемого роста микробов и ферментативных превращений основных и второстепенных компонентов пищи. Сырье ферментируется в определенных условиях для создания продуктов, обладающих нужными свойствами. При ферментации в пищевых продуктах образуются новые и потенциально полезные для здоровья соединения, одновременно удаляются те, которые имеют отрицательный для здоровья потенциал (рис. 1) [1].

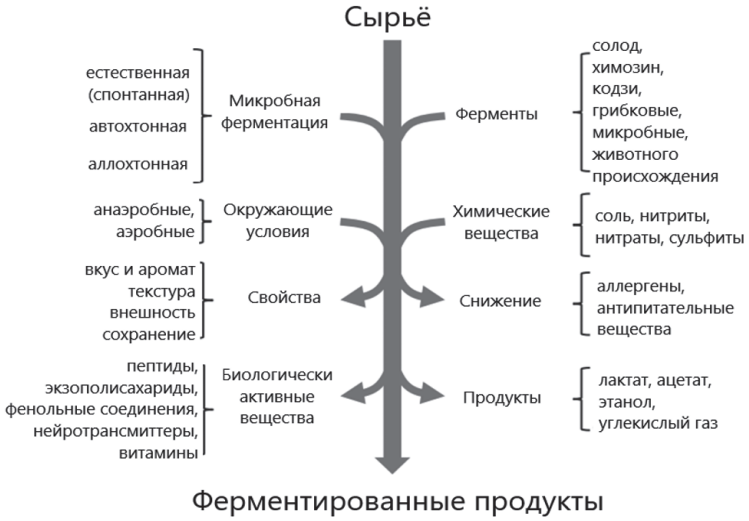


Рис. 1. Условия и пути превращения при ферментации пищевых продуктов [1]

К ферментированным продуктам относятся йогурт, кефир, квашеная капуста, чайный гриб, кимчи, сыры, закваска для хлеба и многие другие. Бактерии, содержащиеся в ферментированных продуктах, называют пробиотическими, если они приносят пользу человеку.

Так как сыры проходят пастеризацию, а опарный хлеб выпекается при высокой температуре, то бактерии в этих условиях погибают. Однако даже мертвые пробиотические бактерии могут приносить пользу, но они уже не будут считаться пробиотиками. Ученые предлагают называть инактивированные клетки бактерий и их метаболиты постбиотиками (метабиотиками), если те обладают положительным эффектом для здоровья человека [2].

При ферментации значительно увеличивается биодоступность микронутриентов исходного сырья, а конечный продукт обогащается метаболитами микробов, что добавляет ему новые полезные для человека свойства. Некоторые ферментированные продукты обладают противораковыми, противоопухолевыми, противовоспалительными, противомикробными, антиоксидантными, противодиабетическими и другими свойствами. Ферментированные продукты могут привести к этим результатам за счет изменения компонентов пищи, синтеза метаболитов и белков и доставки живых микроорганизмов в желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) [1]. Многие клинические исследования ферментированных пищевых продуктов подтверждают это [3]. Так, например, крупные когортные исследования выявили сильную связь между потреблением ферментированных молочных продуктов и поддержанием веса [4]. Аналогичным образом другие долгосрочные исследования показывают снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), диабета 2 типа (СД2) и снижение общей смертности при частом употребления йогурта [5–7]. Наконец, данные в развивающейся области исследований «ось кишечник — мозг» указывают, что потребление ферментированной пищи может в лучшую сторону изменять настроение и активность мозга [8, 9].

Кроме того, ферментацию можно рассматривать как биологический метод сохранения пищи. Продукты, произведенные таким образом, имеют меньший риск заражения, они обогащены противомикробными веществами, такими как органические кислоты, этанол и бактериоцины [1].

Простые сахара обладают высоким гликемическим индексом, т. е. быстро перевариваются, всасываются, метаболизируются и вызывают заметные колебания уровня сахара (глюкозы) в крови. При ферментации фруктов и овощей полезные бактерии в первую очередь поедают простые сахара (глюкоза, фруктоза). Это приводит к общему снижению калорийности продуктов, уменьшению их гликемического индекса и увеличению содержания растворимых и нерастворимых пищевых волокон, которые являются субстратом для полезных бактерий микрофлоры кишечника.

По версии «Glycemic Index Foundation», следует придерживаться рациона с низким гликемическим индексом по следующим причинам:

- управление уровнем сахара при диабете;
- достижение и поддержание нормального веса;
- поддержание здоровья сердца. [10]

Однако учитывая все преимущества ферментированных продуктов, их пробиотические свойства напрямую зависят от количества живых бактерий в их составе. Таким образом, в промышленности существует проблема повышения жизнеспособности бактерий в пробиотических ферментированных продуктах.

В производстве требуются простые в применении и экономичные способы сохранения пробиотических продуктов. К таким способам относятся сушка лиофилизацией и распылением. Распылительная сушка, в свою очередь, требует меньше энергозатрат, чем лиофильная, обладая при этом большей производительностью [11].

Таким образом, **целью работы** было провести управляемую промышленную ферментацию плодовоовощного пюре с использованием коллекционного штамма микроорганизмов и получить пробиотический ферментированный пищевой продукт с высокой численностью жизнеспособных клеток бактерий.

Методы и материалы.

Штамм. В данном исследовании использовали штамм молочнокислых бактерий *Bifidobacterium animalis* АС-1248, депонированный в БРЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовского института» — ГосНИИГенетика.

Ферментация плодовоовощного пюре. Для получения инокулята бактерий использовалась промышленная безмолочная питательная среда (ноу-хау ООО «Артлайф»).

По литературным данным, оптимальными условиями для культивирования штаммов *Bifidobacterium sp.* являются: температура в диапазоне от +37 до +40 °С, время культивирования колеблется от 16 до 24 часов.

В качестве исходного пищевого плодовоовощного сырья использовалось морковное пюре.

Для засева гомогенизированного и пастеризованного морковного пюре использовался инокулят бактерий в количестве 5% от объема питательной среды. После ферментации осуществлялась распылительная сушка продукта и его хранение образцов при 2–6 и 20–25 °С.

Анализ образцов готовой продукции проводился в физико-химической лаборатории ООО «Артлайф».

Определение выживаемости бактерий. С целью восстановления активности штаммов проводилась регидратация. Для этого 1 г сухого продукта и 9 $см^3$ физиологического раствора помещали в стерильную ступку, где тщательно перемешивались с помощью пестика до гомогенного состояния. Время восстановления жизнеспособности составило 1,5 часа. Определение активности бактерий производили глубинным посевом суспензий клеток в пробирки с оптимальной питательной средой по ГОСТ 56139–2014. Согласно ГОСТ 56139–2014 оптимальными питательными средами для роста бактерий рода *Bifidobacterium* sp. является Бифидум-среда. В эксперименте использовали питательную среду производства ФБУН ГНЦ ПМБ г. Оболенск. Готовили среды по прописям, указанным на этикетках. После культивирования в термостате при оптимальной температуре роста производили прямой подсчет колоний и определяли процент выживаемости бактерий.

После термостатирования провели подсчет выросших колоний в пробирках. Процент выживаемости бактерий выражается в процентах и рассчитали его по формуле:

$$X=N/N0 * 100\%,$$

где N0 — количество молочнокислых бактерий перед высушиванием в жидком полупродукте; N — количество молочнокислых бактерий в процессе хранения.

Результаты и обсуждение. По литературным данным известно, что ферментированная пробиотиками мякоть моркови обладает более высокой антидиабетической функциональностью, чем неферментированная мякоть, благодаря более эффективному регулированию метаболизма глюкозы и липидов [11, 12]. Гипогликемические эффекты как ферментированной пробиотиками, так и неферментированной мякоти моркови обусловлены ее полисахаридами. Тем не менее эффект после пробиотической ферментации моркови был более выражен, это может быть связано с изменениями структур полисахаридов, вызванными ферментацией [14].

На момент высушивания количество живых клеток бактерий в жидком полупродукте составляло $1{,}0\times10^{10}$ КОЕ/г. После сушки и 1 месяца хранения при 2–6 °С и 20–25 °С численность живых клеток составила $2{,}4\times10^{9}$ и $1{,}3\times10^{9}$, выживаемость при этом составляет 24% и 10% соответственно. По истечении 12 месяцев хранения продукта численность живых клеток составляет $8{,}0\times10^{8}$ для 2–6 °С и $4{,}0\times10^{6}$ для 20–25 °С, что свидетельствует о выживаемости в 8% и 0,04% соответственно.

Численность живых клеток *Bifidobacterium animalis* в сухом биоферментированном морковном концентрате в течение 12 месяцев хранения при температурах 2–6 и 20–25 °С представлена на рис. 2.

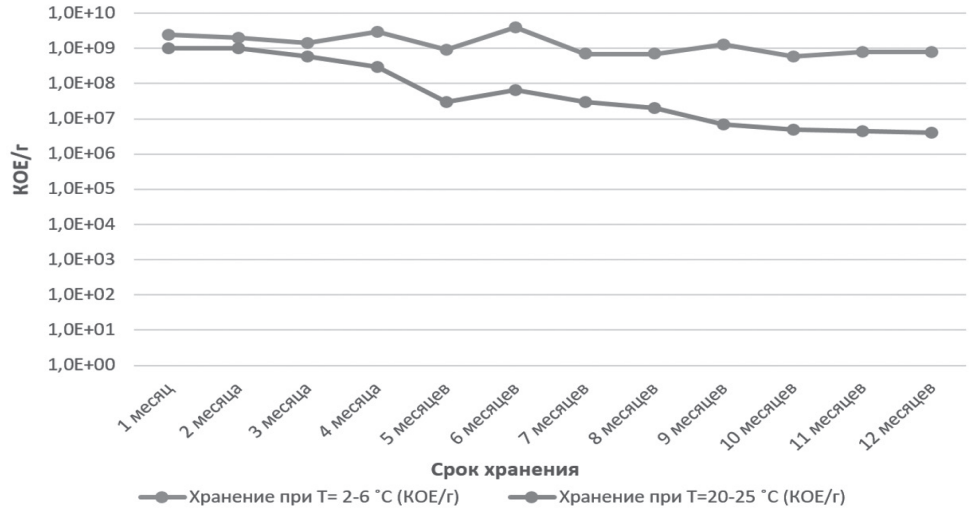


Рис. 2. Численность жизнеспособных клеток (КОЕ) в сухом биоферментированном морковном концентрате в течение 12 месяцев хранения при температурах 2–6 и 20–25 °С

Таким образом, при хранении пробиотических биоферментированных плодовоовощных концентратов при 2–6 °С выживаемость бактерий составляет 8%. Кроме того, численность живых бактерий остается на высоком уровне ($8{,}0\times10^8$ КОЕ/г).

Заключение. Анализируя литературные данные и полученные результаты, можно сделать выводы, что сухие биоферментированные пробиотические плодовоовощные концентраты имеют следующие особенности:

- увеличенная биодоступность микронутриентов;
- снижение антипитательных веществ и аллергенов;
- измененные органолептические и текстурные свойства продукта;
- диетические продукты (пониженное содержание простых сахаров);
- содержат живые пробиотики;
- иммуномодуляция и поддержание барьерной функции кишечника.

После ферментации плодовоовощного пюре *Bifidobacterium animalis* численность бактерий высокая и составляет $1{,}0\times10^{10}$ КОЕ/г. В процессе распылительной сушки и хранения при 2–6 °С в течение 1 года численность находится на уровне 10^9 КОЕ/г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Marco M. L. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond // Curr. Opin. Biotechnol. 2017. Vol. 44. P. 94–102.

2. Salminen S. et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics // Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol. Springer US, 2021. Vol. 0123456789.

3. Health Benefits of Fermented Foods and Beverages / ed. Tamang J. P. CRC Press, 2015.

4. Mozaffarian D. et al. Changes in Diet and Lifestyle and Long-Term Weight Gain in Women and Men // N. Engl. J. Med. 2011. Vol. 364. № 25. P. 2392–2404.

5. Tapsell L. C. Fermented dairy food and CVD risk // Br. J. Nutr. 2015. Vol. 113, № S2. P. S131 — S135.

6. Eussen S. J. P. M. et al. Consumption of dairy foods in relation to impaired glucose metabolism and type 2 diabetes mellitus: the Maastricht Study // Br. J. Nutr. 2016. Vol. 115. № 8. P. 1453–1461.

7. Chen M. et al. Dairy consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis // BMC Med. 2014. Vol. 12. № 1. P. 215.

8. Hilimire M. R., DeVylder J. E., Forestell C. A. Fermented foods, neuroticism, and social anxiety: An interaction model // Psychiatry Res. 2015. Vol. 228. № 2. P. 203–208.

9. Tillisch K. et al. Consumption of Fermented Milk Product With Probiotic Modulates Brain Activity // Gastroenterology. 2013. Vol. 144. № 7. P. 1394–1401.e4.

10. Septembre-Malaterre A., Remize F., Poucheret P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation // Food Res. Int. Elsevier Ltd, 2018. Vol. 104. P. 86–99.

11. Riveros B., Ferrer J., Bórquez R. Spray Drying of a Vaginal Probiotic Strain of Lactobacillus acidophilus // Dry. Technol. 2009. Vol. 27. № 1. P. 123–132.

12. Li C. et al. Lactobacillus plantarum NCU116 fermented carrot juice evokes changes of metabolites in serum from type 2 diabetic rats // Food Res. Int. 2016. Vol. 80. P. 36–40.

13. Li C. et al. Carrot Juice Fermented with Lactobacillus plantarum NCU116 Ameliorates Type 2 Diabetes in Rats // J. Agric. Food Chem. 2014. Vol. 62. № 49. P. 11884–11891.

14. Wan Y.-J. et al. Origin of Hypoglycemic Benefits of Probiotic-Fermented Carrot Pulp // J. Agric. Food Chem. 2019. Vol. 67. № 3. P. 895–904.

УДК 637.136.5

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВАРИАНТОВ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Т. Н. Орлова, Е. Ф. Отт

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Представлены данные по разработке новых бактериальных заквасок на основе производственно-ценных штаммов мезофильных лактококков, выделенных из природных источников Алтайского края. Проведена предварительная проверка отобранных культур на выживаемость бактериальных клеток в процессе лиофилизации, а также на их биологическую совместимость по отношению друг к другу при совместном культивировании. Получены результаты по изучению новых вариантов бактериальных заквасок на основные технологически ценные свойства: время образования сгустка, титруемая кислотность, активность газо- и ароматообразования, численность микроорганизмов на разных сроках хранения. На основании полученных данных все варианты лиофилизированных бактериальных заквасок лактококков являются перспективными для использования в производстве ферментируемых молочных продуктов.

Ключевые слова: лактококки, молочнокислые бактерии, бактериальные композиции, заквасочная микрофлора, технологически ценные свойства

Введение. Ферментированные молочные продукты занимают достаточно важное место в питании населения. Эти продукты являются источниками полноценного белка, макро- и микроэлементов, витаминов, а также полезной микрофлоры, такой как молочнокислые, бифидо- и пропионовокислые бактерии.

Качество и безопасность готовых ферментированных молочных продуктов зависит от многих факторов: качества сырья, бактериальной закваски, соблюдения технологии, а также санитарии и гигиены по всей технологической цепочке производства данного вида продукта.

Современное производство ферментированных молочных продуктов предполагает обязательное использование бактериальных заквасок, микрофлора которых выполняет следующие важные функции.

Во-первых, микроорганизмы закваски осуществляют ферментативное расщепление составных компонентов молока (углеводов, белков, жиров) с образованием веществ, обеспечивающих специфические свойства данного ферментированного молочного продукта.

Во-вторых, снижая окислительно-восстановительный потенциал, понижая pH среды (за счет образования молочной кислоты и в ряде случаев других органических кислот), быстро потребляя легкодоступные питательные вещества молока и продуцируя специфические ингибиторные соединения, заквасочная микрофлора подавляет развитие посторонних, в том числе патогенных, условно-патогенных и технически вредных микроорганизмов.

В сыроделии, особенно при выработке кисломолочных сыров, заквасочная микрофлора, помимо двух вышеуказанных функций, играет еще одну важную роль: она влияет на скорость и степень синерезиса молочного сгустка [1].

Для каждого кисломолочного продукта состав микрофлоры бактериальной закваски подбирается с учетом технологического процесса, а также свойств заквасочных микроорганизмов, способных обеспечить требуемые органолептические, микробиологические и физико-химические показатели готового продукта [2, 3].

На сегодняшний день в молочной промышленности основной список заквасочных культур, используемых в производстве тех или иных ферментируемых молочных продуктов, включает: лактококки, лейконостоки, термофильный стрептококк, термофильные лактобациллы, мезофильные лактобациллы, гетероферментативные лактобациллы, пропионовокислые бактерии, бифидобактерии.

Из вышеперечисленных представителей заквасочной микрофлоры наиболее часто используемыми являются мезофильные лактококки видов *Lactococcus lactis ssp. lactis, L. lactis ssp. diacetilactis u L. lactis ssp. cremoris*, которые в большинстве случаев образуют основу бактериальной композиции.

Производство бактериальных заквасок подразумевает наличие отраслевой коллекции чистых культур микроорганизмов, которую нужно поддерживать и постоянно пополнять, так как с течением времени многие штаммы утрачивают свои первоначальные производственно-ценные свойства и становятся неактивными. Для получения новых штаммов с технологически ценными свойствами специалисты проводят длительную, сложную и многоступенчатую работу по селекции микроорганизмов [4].

На сегодняшний день ассортимент бактериальных заквасок в России достаточно широк, но, к сожалению, более 90% этого ассортимента представлено иностранными брендами. Однако при выборе заквасок следует учитывать, что хорошо разрекламированные и отлично работающие на импортном сырье закваски в наших условиях могут оказаться недостаточно активными из-за зачастую низкого качества местного сырья. В связи с этим является актуальным направление по разработке новых бактериальных заквасок на основе местных, региональных, штаммов молочнокислых бактерий, обладающих производственно-ценными свойствами и адаптированными к нашему местному сырью [5].

Благодаря многолетней работе сотрудников лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела Сибирского научно-исследовательского института сыроделия Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий была сформирована «Сибирская коллекция микроорганизмов» (СКМ), которая включает в себя сотни штаммов различных групп полезных бактерий: молочнокислые (лактококки и лактобациллы), пропионовокислые, бифидобактерии. Учеными института ведется постоянная работа по поддержанию и пополнению коллекционного фонда. В данный момент селекция микроорганизмов в лаборатории микробиологии ориентирована на получение новых перспективных штаммов мезофильных лактококков, выделенных из природных источников Алтайского края.

Целью исследований было создание и изучение новых вариантов лиофилизированных бактериальных заквасок на основе региональных штаммов мезофильных лактококков.

Методы и методики проводимых исследований. Объектами исследования являлись чистые культуры лактококков *p. Lactococcus spp.*, выделенные из природных источников Алтайского края, а также бактериальные закваски на их основе. В ходе работы применяли общепринятые методы микробиологических и биохимических исследований согласно МР 2.3.2.2327–08 [6].

Результаты и их обсуждение. Для работы использовали 8 производственно-ценных гомо- и гетероферментативных штаммов лактококков, которые предварительно были проверены на выживае-

мость бактериальных клеток и сохранение технологически ценных свойств после сублимационной сушки и в процессе хранения сухих монокультур. По полученным данным, монокультуры сохранили высокую численность бактериальных клеток не только после сушки, но и в процессе хранения на протяжении 6 месяцев — количество жизнеспособных клеток во всех образцах было не менее $1{,}0\times10^9$ КОЕ/г.

Кроме того, лиофилизированные монокультуры были проверены на сохранение технологически ценных свойств после 6 месяцев хранения. По результатам проведенных исследований сухие бактериальные культуры после восстановления не потеряли свои первоначальные технологически ценные свойства, цельное молоко свертывали около 6,5 ч при инокуляции 5%. Титруемая кислотность была в пределах 86–92 °Т. Гетероферментативные лактококки активно образовывали углекислоту и ароматические вещества.

Основным принципом составления бактериальной композиции (заквасочного консорциума микроорганизмов) является биологическая совместимость входящих в нее культур. Под биосовместимостью подразумевается способность микроорганизмов создавать при совместном культивировании симбиотические взаимоотношения, что важно для получения ферментированного молочного продукта с заданными характеристиками [7].

В связи с этим выделенные штаммы, отобранные для составления различных вариантов бактериальных композиций, были проверены на биосовместимость методом отсроченного антагонизма. Проведенные исследования показали отсутствие ингибирующего влияния исследуемых культур в отношении друг друга. Размер зоны задержки роста штаммов лактококков находился в пределах 0,0–1,5 мм, что указывает на нормальное развитие микроорганизмов при совместном культивировании.

Совокупность технологически ценных свойств и биологическая совместимость исследуемых штаммов лактококков позволили создать на их основе 4 варианта бактериальных композиций. В каждую композицию было включено по 5 штаммов лактококков в равных соотношениях, среди которых были как гомо-, так и гетероферментативные культуры.

Заквашивание композиций в жидком виде проводили на цельном молоке, обработанном в автоклаве текучим паром в течение 30 мин. Доза внесения в молоко молочнокислых бактерий составила 5%, температура культивирования — 30 °С. По истечении 6 часов культивирования во всех вариантах бактериальных композиций образовался ровный, плотный сгусток. Совместное развитие штаммов в составе бактериальных композиций позволило получить молочные сгустки с более насыщенным вкусом и ароматом, а также с повышенной активностью газо- и ароматообразования по сравнению с монокультурами.

Так как в жидком варианте данные бактериальные композиции показали положительные результаты и соответствовали требуемым критериям, то далее они были подвержены сублимационной сушке. Варианты сухих экспериментальных бактериальных заквасок проверили на выживаемость заквасочных микроорганизмов после сублимационной сушки и в процессе хранения через 1, 2, 3 и 6 месяцев (табл. 1).

Таблица 1

Динамика численности заквасочной микрофлоры сухих экспериментальных бактериальных заквасок (БЗ) после сушки и в процессе хранения

№ БЗ	Количество заквасочной микрофлоры в процессе хранения, КОЕ/г				
1	после сушки	1 месяц	2 месяца	3 месяца	6 месяцев
2	$5{,}7\times10^9$	$4{,}5\times10^9$	$3{,}4\times10^9$	$3{,}1\times10^9$	$2{,}2\times10^9$
3	$5{,}6\times10^9$	$4{,}1\times10^9$	$3{,}7\times10^9$	$3{,}2\times10^9$	$2{,}1\times10^9$
4	$6{,}1\times10^9$	$5{,}5\times10^9$	$4{,}5\times10^9$	$3{,}4\times10^9$	$2{,}0\times10^9$
5	$6{,}2\times10^9$	$5{,}3\times10^9$	$4{,}6\times10^9$	$4{,}0\times10^9$	$2{,}4\times10^9$

Как видно из таблицы 1, после сушки количество молочнокислой микрофлоры в сухих заквасках было в пределах $5{,}6\times10^9$–$6{,}2\times10^9$ КОЕ/г. По истечении 6 месяцев хранения лиофилизированных бактериальных заквасок количество жизнеспособных клеток во всех образцах было не менее $2{,}0\times10^9$

КОЕ/г, что соответствует требованиям ГОСТ 34372–2017 «Закваски бактериальные для производства молочной продукции».

Сухие экспериментальные бактериальные закваски были также исследованы на технологически ценные свойства после 6 месяцев хранения. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технологически ценные свойства сухих бактериальных заквасок после 6 месяцев хранения

№ БЗ	Время образования сгустка на цельном молоке (инокулят 5%)	Титруемая кислотность, °Т	Активность газообразования, см	Активность ароматообразования, мин
1	6,83±0,20	96,67±0,82	3,23±0,18	5,00±0,35
2	5,00±0,35	97,00±1,41	2,67±0,15	6,13±0,11
3	6,17±0,20	95,33±1,08	1,53±0,18	5,00±0,35
4	6,83±0,20	98,67±0,82	1,30±0,14	5,00±0,35

По результатам исследований все образцы сухих бактериальных заквасок были активны по кислото-, газо- и ароматообразованию. Кроме того, по активности газо- и ароматообразования данные образцы показали более высокие значения по сравнению с жидкими вариантами данных бактериальных композиций.

Заключение. Полученные варианты экспериментальных сухих бактериальных заквасок были апробированы при выработке полутвердого сыра «Новосибирский» на «Экспериментальном сыродельном заводе», где наша закваска была использована взамен заквасок для сыров с низкой температурой второго нагревания, а также были выработаны экспериментальные кисломолочные напитки, в том числе пробиотические, с добавлением к данным закваскам лактококков культур ацидофильной палочки и бифидобактерий из «Сибирской коллекции микроорганизмов». Полученные ферментированные молочные продукты были продегустированы экспертной комиссией института сыроделия и получили высокую балльную оценку.

Таким образом, разработанные нами бактериальные закваски лактококков могут быть использованы при производстве ферментированных молочных продуктов. В нашей лаборатории микробиологии работы по выделению перспективных штаммов и разработкам новых вариантов бактериальных заквасок, в том числе и с пробиотическими культурами из нашей «Сибирской коллекции микроорганизмов», активно продолжаются, и уже создано несколько новых вариантов, которые в скором времени должны пройти апробацию при выработке ферментированных молочных продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты; 2-е изд., испр. и доп. М. : ДеЛи принт, 2003. 800 с.

2. Бахнова Н. В. Заквасочные культуры для производства сыров и кисломолочных продуктов // Переработка молока, 2012. — № 2. — С. 36–38.

3. Сорокина Н. П. Выбор бактериальных заквасок для ферментированной молочной продукции // Молочная промышленность, 2016. — № 7. — С. 24–26.

4. Банникова Л. А. Селекция молочнокислых бактерий и их применение в молочной промышленности. М. : Пищевая промышленность, 1975. 255 с.

5. Ганина В. И., Фильчакова С. А. Производство заквасок в России // Переработка молока, 2018. — № 3. — С. 38–41.

6. МР 2.3.2.2327–08 Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов). Углич : ГНУ ВНИИМС, 2008. 243 с.

7. Ковалевская В. С., Молодкина Н. Р., Тимофеенко Т. И. Изучение биосовместимости и биотехнологических свойств молочнокислых бактерий // Научные труды КУБГТУ, 2016. — № 14. — С. 284–288.

УДК 613.22

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ДЕТСКОМ ПИТАНИИ

Е. В. Писарева

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье указаны особенности составления рационов для детского питания. Кратко охарактеризована сырьевая база Алтайского края. Даны характеристики растительного сырья для использования в рационах дошкольного питания.

Ключевые слова: дошкольное питание, детское питание, овощное сырье, местное сырье, рационы питания

Обеспечение детей рациональным и полноценным питанием является важнейшей задачей поддержания здоровья нации.

Питание в детском возрасте обеспечивает обменные процессы в растущем организме, поэтому особенно важно для гармоничного развития и роста ребенка соблюдать количественный и качественный состав рациона питания.

Необходимо, чтобы рацион был разнообразным и оптимально сочетал в себе блюда. Также стоит учитывать сезонные особенности питания. Для детей желательны продукты, богатые медленными углеводами: овощи и фрукты, цельнозерновые продукты. Овощи и фрукты содержат пектин, клетчатку, пищевые волокна и улучшают работу пищеварения.

Теория рационального питания детей предусматривает следующие аспекты:

— поступление достаточного количества нутриентов, обеспечивающих потребности ребенка в энергии и основных компонентах (белках, жирах, углеводах, минералах и микроэлементах, витаминах);
— соответствие количества и качества пищи физиологическим возможностям ребенка;
— предупреждение дисбалансов питания путем опережающего поступления нутриентов [3].

Полноценное рациональное питание детей обеспечивается включением в рацион ассортимента продуктов животного и растительного происхождения.

При составлении рационов организованного питания в детских дошкольных учреждениях учитываются возрастные требования по калорийности и обеспечению нутриентами блюд.

Особенно учитываются при составлении рационов факторы доступности и стоимости сырьевых компонентов блюд детского питания.

Сырьевая база Алтайского края может обеспечить составление полноценного рациона с учетом использования мяса, рыбы, птицы, яйцепродуктов, а также полный ассортимент сырья растительного происхождения.

К сырью растительного происхождения Алтайского края, которое обязательно должно быть включено в рационы питания детей, можно отнести: мучные, крупяные, бобовые продукты; продукцию овощеводства и ягодного хозяйства.

Особенно обширны возможности сырьевой базы овощей, которые обладают несомненными полезными характеристиками в питании детей.

Физиологическая потребность в веществах и энергии — это необходимая совокупность алиментарных факторов для поддержания динамического равновесия между человеком и окружающей средой, направленных на обеспечение жизнедеятельности и поддержание адаптационного потенциала.

В МР 2.3.1.2432–2008 представлены средние величины обеспечения физиологической потребности для детей различных возрастов. В зависимости от возрастной категории различаются потребности в основных источниках: калорийности, содержании белков, жиров, углеводов и основных микро- и макроэлементов.

Потребность в пищевых веществах, энергии, витаминах и минеральных веществах (суточная) указана в Приложении № 10 к СанПиН 2.3/2.4.3590–20.

В питании детей важно правильное соотношение нутриентов продуктов: белков, жиров с углеводов. Важную роль играет как правильное количественное, так и полноценное качественное соотношение нутриентов [4].

Углеводы являются важными энергетическими компонентами пищи. Рацион детей и подростков должен включать два вида углеводов: полисахариды (сложные углеводы) и сахара (простые углеводы), — а также достаточное количество неперевариваемых полисахаридов (пищевых волокон). Нельзя допускать превышения количества простых углеводов в рационе.

Важным компонентом питания являются неперивариваемые волокнистые компоненты углеводного происхождения. Их источниками служат хлебобулочные изделия из целого зерна, крупяные продукты, овощи и фрукты, бобовые.

Важная роль в питании детей принадлежит овощам. Они содержат сравнительно небольшое количество веществ, имеющих калорийное значение. Крахмал имеется почти во всех овощах и фруктах, но больше всего его в картофеле (около 20%). Овощи — важнейшие поставщики витаминов С, РР, некоторых витаминов группы В, каротина, ряда микроэлементов.

Овощи и фрукты обладают высокими вкусовыми качествами. Содержащиеся в них органические кислоты, эфирные масла способствуют значительному увеличению секреции и усиливают ферментативную активность пищеварительных соков. Потребление достаточного количества овощей, фруктов, ягод способствует усилению слюноотделения, лучшей обработке пищи в полости рта и тем самым улучшает пищеварение.

Дополнение овощей к жирному мясу или сливочному маслу ведет к увеличению выделения желудочного сока в два раза. Овощи, фрукты, ягоды применяют в рационах для предупреждения гиповитаминозов и в качестве профилактики ряда заболеваний.

В овощах содержатся фитонциды, которые угнетают болезнетворные микроорганизмы, что важно для предупреждения простудных заболеваний у детей.

Для использования местного сырья в рационах питания детей рекомендованы следующие виды овощей.

Картофель всегда включен в рационы питания детей как источник полисахаридов, поставщиков энергии. Картофель содержит около 20% крахмала и от 1% до 1,4% белка, содержит витамины группы В и около 75 мг% витамина С, много калия — 426 мг% и фосфора — 38 мг%.

Широкое применение в питании детей имеет капуста (белокочанная, цветная, краснокочанная, савойская, брюссельская, кольраби). В состав капустных овощей входит 91% воды, от 1% до 5% углеводов, от 1% до 2% белка, много минеральных солей. Капуста представляет большую ценность как источник витамина С. Количество его колеблется от 24 мг% в белокочанной капусте до 42 мг% в краснокочанной и цветной.

Корнеплоды — морковь и свекла являются важными видами сырья. Морковь — основной поставщик бета-каротина, провитамина А, необходимого для роста ребенка.

Плодовые овощи: томаты, баклажаны и болгарский перец — обладают приятными вкусовыми свойствами и могут употребляться в детском питании в свежем, маринованном, соленом виде, в качестве добавления к блюдам.

Использование в питании детей тыквы и кабачков является перспективным, так как они содержат легкоусвояемую клетчатку и комплекс других полезных веществ.

Листовые овощи (шпинат, салат, зеленый лук, петрушка, укроп), а также некоторые виды дикорастущей зелени (щавель, молодая крапива) богаты витамином С, особенно полезны весной, когда больше ощущается нехватка этого витамина.

Обязательным является включение в рационы питания детей блюд их свежих овощей и фруктов.

Овощи и фрукты в рационах питания детей могут присутствовать в свежем, отварном, тушеном, запеченном виде, а также в виде соков, пюре, пудингов, муссов, компотов, киселей.

Удовлетворить потребности ребенка в жирах, белках и углеводах овощи не могут. Зато могут дополнить рацион витаминами и минеральными веществами.

Кроме того, овощи являются поставщиками ферментов и органических кислот, способствующих пищеварению.

При включении овощей в детские рационы нужно быть внимательным, поскольку многие из них аллергенны. Самой низкой аллергенной активностью обладают кабачок, лук, капуста, огурец, картофель.

Важно помнить, что санитарными правилами и нормами регламентируется сезонность овощей. Так, после 1 марта овощи урожая прошлого года (капуста, корнеплоды, репчатый лук) используются в питании детей только после термической обработки.

Увеличить долю овощей в детском рационе можно следующими способами:

— добавление в фарш измельченных овощей;
— соусы, отличный способ разнообразить овощной рацион, приготовить их можно на базе морковного, томатного, тыквенного пюре;
— пирожки, кексы с добавлением овощей.

Таким образом, использование местного алтайского сырья является приоритетным при составлении рационов детского питания. Местное сырье способно обеспечить большую часть потребностей детских дошкольных учреждений с учетом сезонности сырья и различий в возрастных требованиях в питании [1, 2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борзова Д. В., Писарева Е. В. Особенности разработки рационов питания частных детских садов // Наука и молодежь : мат-лы XVIII Всерос. научн.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. 1/2. Барнаул : АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2021. — С. 224–226.

2. Борзова Д. В., Писарева Е. В. Рекомендации к составлению рационов питания детских клубов // Наука и молодежь : мат-лы XVII Всерос. научн.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 8 ч. — Барнаул : АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2020. — С. 90–92.

3. Лапкин М. М. Основы рационального питания: уч. пособие. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 304 с.

4. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. — М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.

УДК 637.507

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА МЯСНОЙ ОСНОВЕ С ГИПОТЕНЗИВНЫМ ДЕЙСТВИЕМ

Е. С. Разумовская

Орган по сертификации продукции и услуг КГБУ «Управление ветеринарии Алтайского края по г. Барнаулу», г. Барнаул, Россия

На сегодняшний день на территории Алтайского края наблюдается устойчивая тенденция развития рынка продуктов функциональной направленности с использованием натурального сырья. В данной работе показана возможность использования мясного сырья, обогащенного пептидами, при производстве продуктов с гипотензивным действием.

Ключевые слова: здоровье, питание, болезни системы кровообращения, продукты функционального назначения, мясное сырье, пептиды

Известно, что сегодня патология системы кровообращения остается ведущей причиной преждевременных демографических потерь как в России, так и в зарубежных странах.

Мониторинг статистических данных свидетельствует о том, что за период с 2017 по 2019 г. смертность населения Алтайского края от болезней сердечно-сосудистой системы возросла на 7,1%, в свою очередь, летальный исход от болезней системы кровообращения к 2019 г. по краю составил порядка 44% [6].

Развитию болезней, связанных с нарушениями кровеносной системы, способствует ряд причин, в том числе несбалансированное питание.

Ряд полученных результатов исследований свидетельствует о том, что в последнее десятилетие произошло изменение структуры питания, а вместе с тем и дефицит поступающих в организм человека нутриентов [3, 7].

Цель исследования. Сложившуюся проблему поможет решить расширение производства различных видов функциональных продуктов с содержанием необходимого количества биологически активных веществ.

В научных работах российских исследователей под термином «функциональные продукты» понимаются продукты нового поколения с технически заданными характеристиками качества за счет обогащения рецептур, обеспечивающие профилактику заболеваний населения [1, 4, 8].

В связи с тем что экономика Алтайского края ориентирована на аграрное производство, использование доступного регионального сырья при изготовлении функциональных продуктов на сегодняшний день актуально [2].

Результаты исследования. Проведенные автором исследования свидетельствуют о том, что на территории края преобладают обогащенные продукты питания на основе зернового сырья, хлебобулочные изделия, напитки на основе фруктовых соков, а также обогащенная молочная продукция, в том числе для детского питания [5].

На сегодняшний день Алтайский край по праву считается мясным краем, но, несмотря на внушительную долю реализации мясной продукции, не все население имеет возможность в полной мере употреблять мясные продукты питания.

Так, данные Росстата свидетельствуют о том, что лишь 73,7% местного населения регулярно потребляют мясные продукты (рис.).

Частота потребления основных продуктов питания в Алтайском крае за 2019 г.
Источник: Составлено автором на основе официальных данных [9]

Одним из главных факторов риска развития сердечно-сосудистой патологии является артериальная гипертензия.

При этом особую важность представляет собой разработка доступных продуктов питания с гипотензивным действием.

Решить эту задачу возможно при помощи производства различных видов функциональных продуктов на основе мясного сырья, обогащенных пептидами.

Пептиды — это короткие белковые молекулы, состоящие из аминокислот и вызывающие большой интерес в связи с широким спектром их биологического действия и возможностью практического применения в различных областях.

Пептиды активизируют деление клеток, предупреждают их гибель, восстанавливают функции органов, тем самым увеличивают продолжительность жизни.

Натуральные мясные пептиды являются следующим шагом в развитии здорового мясного питания.

Выводы. Прежде всего автором будут выделены и идентифицированы пептиды из органов сельскохозяйственных животных.

Далее будут разработаны технологические решения по созданию ассортимента мясных продуктов профилактического питания с использованием пептидов с гипотензивным действием.

Также будут изучены пищевая, энергетическая ценность, органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, обоснованы условия хранения и сроки годности; проведены доклинические испытания на лабораторных животных.

Таким образом, автором будет представлен продукт с доказанными функциональными свойствами, прежде всего для профилактики развития патологий системы кровообращения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенова О. И., Сырокоренский И. С. Обоснование производства экструдированных снеков на основе вторичного сырья пищевого назначения // Теория и практика современной науки, 2018. — Т. 7 (37). — С. 13–16.

2. Биотехнологии Алтая : каталог инновационных проектов, Барнаул, 2015. — С. 136.

3. Лисицын А. Б., Чернуха И. М., Лунина О. И. Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом // Теория и практика переработки мяса, 2018. — Т. 3 (1). — С. 29–45.

4. Михалева Е. В. Современные проблемы науки и технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : методическое пособие. — Пермь : Изд-во ФГБОУ ВО Пермская ГСХА, 2017. — 51 с.

5. Разумовская Е. С. Обзор и перспективы развития рынка продуктов функционального назначения на территории Алтайского края // Электронный научный журнал «Вектор экономики», 2021. — № 2.

6. Разумовская Е. С. Анализ заболеваемости и демографических потерь населения Алтайского края от основных классов болезней за период 2017–2019 гг. // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы (Иркутск, 22.05.2021 г.) : сб. статей Национальной (Всероссийской) научн.-практич. конф. — Уфа : OMEGA SCIENCE, 2021. — С. 266–272.

7. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации МР 2.3.1.1915–04, утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 2 июля 2004 г. М., 2004. — 44 с.

8. Слепцова Н. Н., Хамагаева И. С., Хамаганова И. В. Разработка технологии мясных изделий функционального назначения для профилактики селендефицита // Техника и технология пищевых производств. Кемерово, 2010. — № 2. — С. 21–25.

9. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 23.03.2021).

УДК 637.13

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕРМООБРАБОТАННОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ КАЗЕИНОВОГО ТИПА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

К. Ю. Сиротина, Ю. В. Щербакова, Ф. Ю. Ахмадуллина

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

В данной работе изучена антиоксидантная активность козьего молока. Методом исследования являлось биотестирование с использованием в качестве тест-объектов инфузорий *Paramecium caudatum*. Основным параметром, который мы определяли в работе, является стрессоустойчивость инфузорий под воздействием стрессора, в качестве которого у нас выступал пероксид водорода. Было выявлено, что добавление козьего молока к среде культивирования инфузорий *Paramecium caudatum* приводит к повышению их стрессоустойчивости более чем в 2 раза по сравнению с контролем.

Ключевые слова: козье молоко, антиоксидантная активность, биотестирование, инфузории *Paramecium caudatum*, пероксид водорода, стрессоустойчивость

Улучшение качества жизни людей — насущная проблема сегодняшнего дня. Важнейшая составная часть качества жизни — состояние здоровья человека, негативное влияние на которое оказывают нарушенное экологическое равновесие и современные психоэмоциональные нагрузки. В этих условиях значительно возрастает роль питания человека. Состояние здоровья, работоспособность, внешняя привлекательность, настроение, поведение и творческая активность людей находятся в прямой зависимости от полноценности, безопасности, количественных и качественных характеристик питания. К последним в первую очередь следует отнести антиоксидантную активность пищевых продуктов, ответственную за предотвращение свободнорадикальных реакций в организме, приводящих к сердечно-сосудистым, желудочно-кишечным, эндокринным, онкологическим патологиям, болезням обмена веществ. Это обусловило повышение исследовательской активности в области скрининга и изучения пищевых продуктов, богатых антиоксидантами.

В первую очередь к таким продуктам следует отнести молоко, обладающее мощной антиоксидантной системой и имеющее широкое использование в пищевом рационе человека.

Особое внимание в последнее время уделяется козьему молоку, являющемуся перспективной альтернативой коровьему. Кроме того, козье молоко обладает мощной антиоксидантной системой, что определяет его лечебные и профилактические свойства. Поскольку молоко является скоропортящимся продуктом в молочной промышленности, термическая обработка является обязательной технологической операцией при производстве всех молочных и молокосодержащих продуктов, в основном посредством пастеризации и стерилизации. Согласно литературным данным, известно, что термообработка приводит к значительному изменению качества молока и, следовательно, антиоксидантной активности [1].

Поэтому необходим адекватный, доступный для массового использования экспресс-метод тестирования молока и молочных продуктов, информативный при определении пригодности молока для получения кисломолочных продуктов в лечебно-профилактических целях. Наиболее приемлемым в настоящее время является использование для этих целей тестовых биосистем, которые отличаются высокой чувствительностью, низкой стоимостью работ и самое главное обеспечивают интегральную оценку исследуемого объекта. В основе биотестов лежит оценка безопасности или иных свойств исследуемого объекта на организмах-моделях, и на основании полученных результатов осуществляется прогноз реакции организма человека и/или животных на этот объект [2].

Биотестирование позволяет определить качественные показатели исследуемого объекта, а также за короткий промежуток времени оценить интегральную токсичность содержащихся в нем вредных веществ. Следовательно, главное преимущество биологических объектов перед традиционными методами тестирования — они позволяют оценить воздействие вещества на уровне всего организма. Кроме того, известно, что именно в условиях стресса сбалансированность питания антиоксиданта-

ми отвечает за стабильную работу организма, способствует стимуляции его защитной системы, направленной на поддержание в пределах нормы реакций организма [3].

В связи с этим целью данной работы является изучение изменения качества козьего молока при пастеризации методом биотестирования. Предметом исследования было качество козьего молока при различных режимах тепловой обработки (65 °С в течение 30 минут; 76 °С в течение 5 минут; 90 °С в течение 20 секунд; 95 °С в течение 5 минут) и его влияние на стрессоустойчивость инфузорий *Paramecium caudatum*. Выбор в качестве тест-объекта инфузорий *Paramecium caudatum* был обусловлен тем, что: инфузории как эукариотические организмы обладают свойствами отдельного организма и клетки, поэтому могут быть использованы при биотестировании как интегральные датчики на совокупность действующих факторов и одноклеточные тест-организмы. Они обладают высокой чувствительностью к изменениям условий их культивирования. В связи с большими размерами клеток состояние инфузорий легко оценивать визуально под микроскопом. Стоимость лабораторного содержания инфузорий гораздо ниже стоимости содержания экспериментальных животных [4].

В работе инфузории культивировали в течение 3 дней на среде Лозина-Лозинского с добавлением образцов козьего молока, обработанных при различных режимах пастеризации. В качестве стрессора использовали перекись водорода, которая является индикатором, повреждающим преимущественно липидную часть мембраны [5]. Перекись водорода относится к реактивным формам кислорода и в больших концентрациях является инициатором окислительного стресса. Токсическая концентрация перекиси активирует процессы перекисного окисления липидов, к которому в конечном итоге приводит действие любого стрессирующего фактора [6]. В качестве основного параметра исследования в работе фиксировали время обездвиживания парамеций под воздействием стрессора. Стрессоустойчивость инфузорий к перекиси проверяли на 3 и на 5 сутки.

Для биотестирования готовили питательные растворы. В качестве контроля использовали только дрожжевой субстрат: в бюксе смешивали 20 мкл концентрированной взвеси дрожжей с 3 мл среды Лозин-Лозинского. В остальные бюксы дополнительно вносили по 10 мкл исследуемого молока. Бюксы с питательными растворами хранили в холодильнике.

Для исследования стрессоустойчивости инфузорий использовали микроаквариум с лунками, который помещали на предметный столик микроскопа. Наблюдение за парамециями проводили с использованием микроскопа «МБС-9» при увеличении ×14. В лунку с помощью капиллярной пипетки помещали по 4–5 особей. При помещении тест-объекта количество культуральной жидкости в лунке не должно превышать 0,02 см.

В лунку с инфузориями при помощи дозатора со съемным стерильным наконечником наливали по 300 мкл стрессора соответствующей концентрации и засекали время полного обездвиживания парамеций. Эксперимент проводили в 3-кратной повторности. На 3-й день определяли стрессоустойчивость испытуемого объекта. В качестве основного параметра исследования было зафиксировано время иммобилизации парамеции под воздействием стрессора — 1,5%-ной перекиси водорода.

На первом этапе осуществляли отладку методики проведения исследования, а также подборку оптимальных условий проведения биотестирования. Согласно литературным данным [5, 7], для оценки стрессоустойчивости используется перекись водорода в диапазоне концентраций 1–3%. Первоначально нами были установлены оптимальные концентрации перекиси водорода для проведения биотестирования. Результаты по подборке концентрации стрессоров приведены в таблице.

Влияние концентраций стрессоров на время выживания *Paramecium caudatum*

Стрессор	Концентрация стрессора	Время обездвижения, мин		
		1	2	3
Перекись водорода	3%	мгновенно	мгновенно	мгновенно
	2%	0,20	0,19	0,20
	1,5%	1	1	1,1
	1%	>3	>3	>3

Согласно полученным данным, нами было выявлено, что использовать в качестве стрессора перекись водорода рационально в концентрации 1,5%. При увеличении концентрации стрессоров для пероксида выше 1,5% наблюдалось почти мгновенное обездвиживание инфузорий, а при уменьшении концентрации, соответственно, намного увеличивалось время их выживаемости, что затрудняло определение точного времени остановки инфузорий. Время остановки *Paramecium caudatum* в 1,5%-ной перекиси составляет 1±0,01 мин.

Также в работе проводили микроскопирование клеток инфузорий до и после воздействия стрессоров. При микроскопировании были выявлены грубые морфологические изменения клеток парамеций от воздействия стрессоров. После воздействия перекисью водорода наблюдали структурные нарушения мембран в виде округлых выпячиваний, которые приводили к лизису простейших, что согласуется с литературными данными [8] (рис. 1)

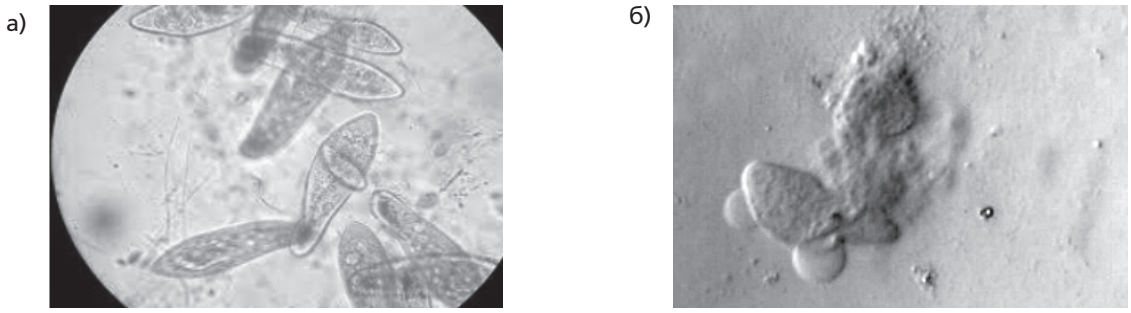


Рис. 1. Лизис клетки *Paramecium caudatum:*
а) до воздействия стрессора; б) после воздействия перекиси водорода

Кроме того, на этапе оптимизации методики проведения биотестирования была предпринята попытка изучения влияния сроков культивирования *Paramecium caudatum* с антиоксидантами молока на их стрессоустойчивость к перекиси водорода (рис. 2).

Для этого варьировали время культивирования инфузорий в среде Лозин-Лозинского с добавлением молочных проб в интервале 1–5 суток. Согласно данным литературы, известно, что устойчивые адаптационные механизмы у инфузорий устанавливаются только к 3 суткам их культивирования [9]. В связи с этим в дальнейшем считаем целесообразным приводить и обсуждать результаты по влиянию молока, обработанного при различных режимах пастеризации, на стрессоустойчивость *Paramecium caudatum* на 3 и 5 сутки их культивирования. Оценка стрессоустойчивости тест-объекта на 4 сутки не осуществлялась в работе в связи с ограничениями во времени.

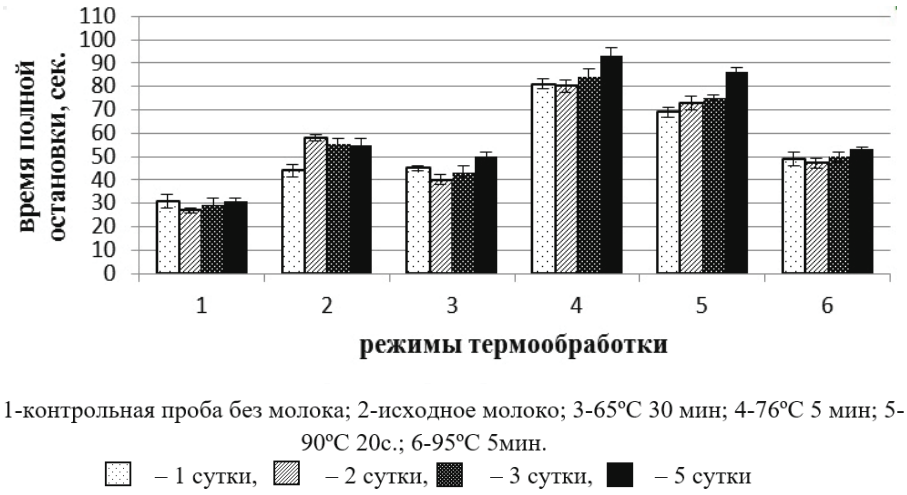


Рис. 2. Влияние добавления козьего молока казеинового типа в среду культивирования на стрессоустойчивость *Paramecium caudatum* к перекиси водорода

Добавление цельного необработанного козьего молока в среду культивирования во всех экспериментах приводило к развитию стрессоустойчивости инфузорий к воздействию стрессора. Вероятно, это объясняется тем, что в молоке присутствуют антиоксиданты различного механизма действия, представленные про-, жиро- и водорастворимыми витаминами, ферментными системами, белками, аминокислотами, пептидами и различными низкомолекулярными соединениями [10]. Результаты исследования антиоксидантного эффекта молочного сырья казеинового типа, обработанного при различных тепловых режимах, представлены на рисунке 3.

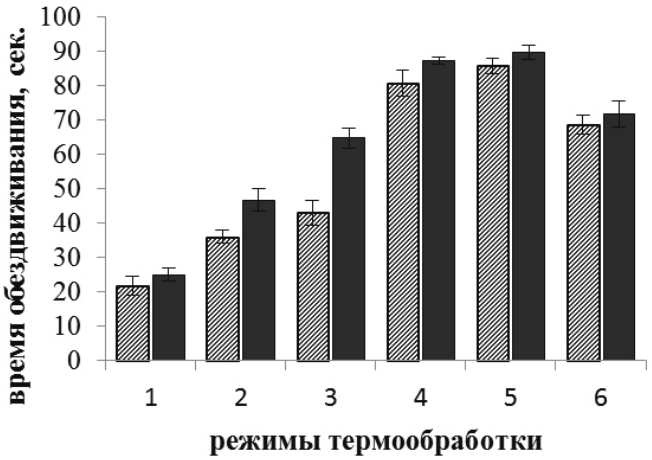


Рис. 3. Влияние добавления козьего молока казеинового типа в среду культивирования на стрессоустойчивость Paramecium caudatum к перекиси водорода:
1 — контрольная проба без молока; 2 — исходное молоко; 3 — 65 ºС 30 мин;
4 — 76 ºС 5 мин; 5 — 90 ºС 20с; 6 — 95 ºС 5мин

Согласно полученным результатам, наибольшей стрессоустойчивостью отличаются инфузории, культивированные с добавлением в среду Лозин-Лозинского козьего молока, обработанного при режимах 76 ºС 5 мин и 90 ºС 20 с. Это обусловлено максимальной сохранностью в молоке казеинового типа при данных режимах тепловой обработки витаминов и выходом в плазму молока низкомолекулярных пептидов и аминокислот, которые играют роль дополнительных факторов роста, проявляющих антиоксидантные свойства [1]. Данные вещества могут препятствовать протеканию окислительных повреждающих процессов в клетке, тем самым увеличивая время выживания инфузорий при остром опыте.

Инкубация инфузорий в среде с добавлением коровьего и козьего молока, обработанного при более жестких режимах термообработки (65 ºС — 30 минут и 95 ºС — 5 минут), приводила к снижению их устойчивости к воздействию обоих стрессоров в результате как более сильного разрушения антиоксидантов натурального молока, так и частичного разрушения биологически активных компонентов молочного сырья, выделяющихся в его плазму при пастеризации, по сравнению с двумя вышеописанными режимами [10].

Кроме того, важно отметить, что независимо от режима тепловой обработки молочного сырья казеинового типа стрессоустойчивость инфузорий при их культивировании с молоком увеличивалась на 5 сутки по сравнению с 3 сутками в отличие от контроля (не наблюдалось достоверных отличий в большинстве экспериментов). Это свидетельствует о том, что биологически активные компоненты молока оказывают пролонгированное положительное действие на стрессоустойчивость парамеций, что отражается также на их потомстве.

В ходе исследования была освоена методика по определению стрессоустойчивости инфузорий *Paramecium caudatum* методом биотестирования и подобраны оптимальные условия проведения эксперимента: концентрация перекиси водорода для создания окислительного стресса составляет 1,5%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакирева Ю. В., Ахмадуллина Ф. Ю., Лапин А. А. и др. Влияние промышленных режимов пастеризации на интегральную антиоксидантную и витаминную активности коровьего молока // Бутлеровские сообщения, 2010. — Т. 19. — № 2 — С. 19–25.

2. Методические рекомендации по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / под ред. О. Ф. Филенко, С. А. Соколовой. — М. : ВНИРО, 1998. — 145 с.

3. Павловская Ж. И. и др. Устойчивость Penicillium piceum F — 648 к действию пероксида водорода в условиях кратковременного и длительного окислительного стресса // Прикладная биохимия и микробиология, 2003. — Т. 39. — № 1. — С. 31–36.

4. Черемных Е. Г., Тихомирова Н. А., Игнатьева О. Н. Биотестирование пищевых добавок и молочных продуктов // Молочная промышленность, 2009. — № 10. — С. 36–38.

5. Огай М. А., Степанова Э. Ф., Холодов Д. Б. и др. Антиоксидантный и мембраностабилирующий эффект таурина // Вестник ВГУ, 2011. — № 1. — С. 186–191.

6. Самуилов В. Д., Безряднов Д. В., Гусев М. В и др. H_2O ингибирует фотосинтетический транспорт электронов в клетках цианобактерий // Биохимия, 2001. — Т. 66. — Вып. 6. — С. 790–796.

7. Мелехова О. П., Сарапульцева Е. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. — М. : Изд. центр «Академия», 2010. — 288 с.

8. Карпухина О. В. и др. Действие антиоксидантов в модели оксидантного стресса, индуцированного солями тяжелых металлов // Биологические науки, 2013. — № 11. — С. 671–674.

9. Виноходов Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий : автореф. дис. … д-ра биол. наук. — СПб., 2007. — 40 с.

10. Балакирева Ю. В., Ахмадуллина Ф. Ю., Лапин А. А. Изучение антиоксидантной емкости коровьего и козьего молока // Вестник КГТУ, 2009. — № 1. — С. 56–59.

УДК 664.3.032

ВЫПАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

А. А. Союстов, О. Н. Терехова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье приводится анализ продуктов питания для разных типов людей, а также оборудования для производства функциональных продуктов питания, проводится сравнение выпарных установок существующих и предлагаемых, указаны преимущества и недостатки аппаратов. Предлагаемая установка может интенсифицировать процесс выпаривания пищевых сред с целью сгущения и уменьшения содержания воды, сохранения положительных качеств продукта.

Ключевые слова: выпаривание, выпарная установка, функциональные продукты питания, питательные ценности, питание, качество продуктов

Производство функциональных продуктов питания ориентировано на различные возрастные и социальные группы людей. Особое значение правильного питания имеет для спортсменов и людей, занимающихся фитнесом и спортом. В зависимости от характера физической нагрузки необходимы определенный рацион и питательная ценность продуктов. Например, люди, занимающиеся таким спортом, как бодибилдинг, следят за своим рационом до грамма, рассчитывая количество БЖУ (белков, жиров, углеводов), зная значение энергии из каждого элемента, считают ко-

личество Ккал в дневном рационе, т. е. 1 г белка — это 4 Ккал, 1 г жира — это 9 Ккал, 1 г углеводов — 4,1 Ккал. В таблице представлен рацион на один из дней на период «сушки».

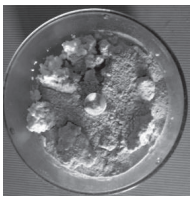
Из данного дневного рациона видно, что в приоритете — количество белков и насыщенных жиров, большинство специализированных продуктов функционального питания не могут дать таких качества и необходимого состава. Иными словами, в составе смеси «Протеин» есть свойства, которые необходимо доработать и изменить, также в приведенном рационе не указаны низкокалорийные соусы, которые добавляют незначительное количество БЖУ.

На данный момент необходимо развивать специализированное оборудование для получения широкого спектра продуктов для спортсменов, так как сфера фитнеса и спорта развивается активно, и люди, которые следят за своей фигурой, нуждаются в качественном и полезном питании, не говоря уже о обычных людях, которые должны тоже питаться качественной пищей и добавлять полезные и насыщенные продукты питания.

Процесс выпаривания — это действие, при котором получают концентрат из жидких растворов, он применим к летучим жидкостям, в которых растворены нелетучие. В процессе кипения жидкость упаривается и изменятся консистенция.

Основная задача самого процесса выпаривания — это получение концентрированной жидкости. Действующее вещество — это агрессивная среда: греющий пар, горячие жидкости, водяной пар и т. д.

Рацион питания в день «без углеводов» на период «сушки»

№ приема пищи	Фото	Описание приема с весом продуктов	Расчет БЖУ на 1 прием пищи
1 прием пищи		250 г творога 5% жирности, 30 г протеина	75,93 белков 12,98 жиров 9,39 углеводов
2 прием пищи		200 г филе куриного, 100 г огурца, 40 г лука	47,23 белков 2,53 жиров 6,3 углеводов
3 прием пищи		200 г филе куриного, 100 г огурца, 30 г лука	47,12 белков 2,52 жиров 5,4 углеводов
4 прием пищи		250 г филе куриного, 150 г огурца, 150 г капусты, 5 г оливкового масла	60,75 белков 8,3 жиров 27 углеводов
5 прием пищи		~250 г яиц (5 штук С1) 150 г огурца	33,55 белков 143,15 жиров 5,4 углеводов
Итог по БЖУ			264,58 белков 169,48 жиров 53,49 углеводов

Сейчас процесс выпаривания — один из популярных среди первоначального обезвоживания или концентрирования в таких производствах, как молочное, производство фруктовых и овощных соков, в сахарной промышленности, для получения лекарственных средств, концентратов. Выпаривание используется для сгущения молока и молочных продуктов, свекольного сока при производстве сахара, томатного сока при получении томатной пасты и т.д. Для этой цели используют различные теплообменные аппараты, отличающиеся конструкцией, принципом действия, производительностью и другими характерными особенностями.

Наибольшее распространение в пищевой промышленности получили кожухо-трубные выпарные аппараты [1]. В качестве аналога рассмотрена однокорпусная кожухо-трубная выпарная установка (рис. 1). Проведя анализ ее конструкции и работы, можно указать следующие недостатки, которые предполагается устранить в предлагаемой конструкции:

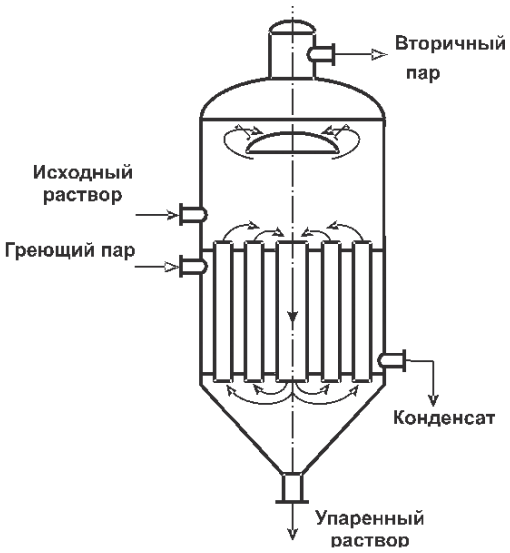


Рис. 1. Однокорпусная выпарная установка

В однокорпусной выпарной установке исходный раствор находится длительное время, смешиваясь с раствором, который уже пробыл в установке некоторое время, и тем, который только поступил. Ограничено пространство загрузки, это может замедлить производительность и скорость подачи нового исходного раствора. Для получения готового упаренного раствора на большинстве производств используют многокорпусные выпарные установки. Это будет занимать много места на производстве, также это дорогостоящие установки. Кроме того, перегрев продукта при выпаривании ведет к разрушению полезных веществ, содержащихся в нем, а их сохранение особенно необходимо для продуктов функционального назначения. Расстояние в нагретых трубах, через которые идет исходный раствор, маленькое, а основная полость, через которую будет выходить раствор, только одна, скорость выпаривания очень медленная. Эти и другие недостатки существующей конструкции предлагается устранить в разработанной нами конструкции выпарной установки (рис. 2, 3А, 3Б.)

Описание принципа работы данной установки.

Исходный раствор разделяется на две винтовые поверхности, внутри которых идет греющий пар. Сама винтовая поверхность состоит из двух шнеков, полых внутри, каждый шнек зафиксирован и не вращается. Исходный раствор, который движется по поверхности шнека, нагревается быстро, и начинается процесс кипения и упаривания исходного раствора, так как шнек подогревается греющим паром. Шнек, который идет выше, тоже дает тепло, и таким образом получается, что исходный раствор выпаривается и выделяет вторичный пар, который по шнекам будет подниматься вверх, поддерживая температуру греющего пара. В конце процесса весь выпаренный раствор попадает в одну трубу и уходит из выпарной установки.

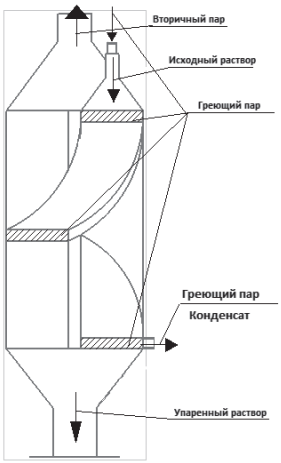
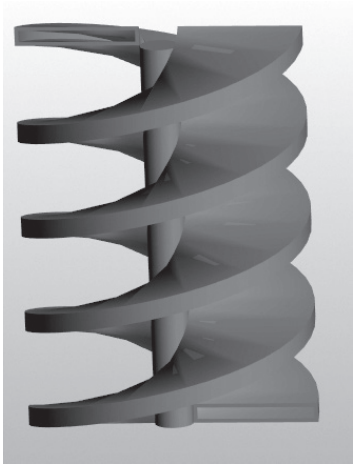


Рис. 2. Схема выпарной установки



а

б

Рис. 3. Выпарная установка:
а) модель центрального органа выпарной установки
б) 3D модель центральных спиралей, напечатанных на 3D принтере

Преимущества предлагаемой установки.

Исходный раствор не скапливается, а по спирали опускается вниз, не занимая рабочую поверхность теплообмена. Витки спирали полые внутри, и в них двигается греющий пар, это позволяет нагревать исходный раствор в разы быстрее до температуры кипения, начала процесса упаривания жидкости. В установке расположено 2 витка, которые дают возможность загружать большее количество исходного раствора, что ускорит прохождение единицы массы раствора за единицу время, также количество витков можно регулировать под любые нужды пищевого производства. Из-за особенностей конструкции данная установка может заменить многокорпусные выпарные установки, так как количество проходимого упаренного раствора может быть большое. Температурный баланс в выпарной установке будет эффективным, так как греющий пар будет нагревать шнек, и он будет отдавать тепло на верхнюю и на нижнюю поверхность, что будет нагревать исходный раствор. Вторичный пар будет поддерживать температуру греющего пара, так как будет подниматься по нижней части шнека, расположенного выше. Таким образом, потери по температуре будут минимальные.

Представленное новое конструктивное решение выпарной установки предназначено для сгущения жидких пищевых сред для производства продуктов функционального назначения, необходимых в спортивной индустрии: низкокалорийные соусы, низкокалорийные джемы. Для предварительного сгущения витаминных жидкостей производится сушка этой жидкости до получения сухого порошка с большим количеством питательных веществ. Также установку можно использовать в фармакологическом направлении для приготовления лекарственных сиропов с повышенной концентрацией лечебных веществ, что позволит повысить дозировку веществ на 1 миллилитр, грамм.

Таким образом, эта установка пригодится во многих отраслях, где необходим непрерывный процесс, в котором важно высокое и точное качество готового продукта, повышение эффективности работы типовых линий производства для приготовления обычных продуктов питания, таких как сгущенное молоко, томатная паста, свекольные соки и т. п.

Для визуализации устройства и лучшего понимания процесса работы был разработан 3d макет выпарной установки, в котором показано действие рабочего орагана — греющего пара, постоянно идет работа в направлении совершенствования ее конструкции и производится методика расчета для получения точных значений.

Данная установка была представлена на Всероссийском конкурсе проектных работ «Я проектирую будущее» и вошла в число победителей. Заняла первое место в 18-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых «Наука и молодежь» [2] в секции «Машины и аппараты пищевых производств».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вобликова Т. В., Шлыков С. Н., Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств : уч. пособие. — СПб. : Лань, 2019. — 204 с.

2. Союстов А. А., Терехова О. Н. Установка для выпаривания пищевых сред // Наука и молодежь : мат-лы XVIII Всерос. научн.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (19–23 апреля 2021 г., г. Барнаул) : в 2 т. — Барнаул : АлтГТУ, 2021. — Т. 1. — Ч. 2. — С. 259–261.

УДК 664.644

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ИЗ МУКИ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА

О. Н. Терехова, А. А. Глебов, Я. С. Дуюнова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Обоснована актуальность повышения качества и расширения ассортимента выпускаемой муки, ориентированной на производство продуктов функционального назначения, в частности для производства полезных десертов; предложен способ получения муки с дифференцированным содержанием белкового компонента, обоснованы и приведены параметры процесса аэроцентробежной классификации.

Ключевые слова: белок, классификация, пневмосепарация, спиральный, мука, тонкая фракция, высокобелковая мука

Функциональное питание сегодня является неотъемлемой частью потребительской и продуктовой культуры, объектом инновационных разработок и инвестиционных вложений. Продукты специального назначения традиционно предназначены для детского и диетического питания и ориентированы на разные возрастные и социальные группы, медицинские рекомендации, в том числе продукты с различным содержанием белка, например, с высоким — для специального питания спортсменов; или продукты с низким содержанием белка, а также с его полным отсутствием для людей, больных целиакией.

Алтайский край занимает лидирующую позицию в стране по производству зерна и продуктов его переработки, однако мукомольные предприятия используют традиционный ассортиментный выход сортовой муки, а различные улучшители — продукты с различным содержанием белковой фракции в основном импортные и имеют немалую стоимость. Это объясняется тем, что для получения сухой клейковины используют традиционно мокрый способ ее производства, энергоемкий и затратный.

Еще одно активно развивающееся направление пищевой промышленности — это кондитерское производство, оно занимает четвертое место по объемам потребления после хлебопекарной отрасли.

Кондитерские изделия являются высококалорийным продуктом с повышенной усвояемостью, обладающим приятным вкусом и ароматом, а также привлекательным товарным видом.

Отрасль по производству кондитерских изделий увеличивается с каждым годом, но качество и вкусовые предпочтения выпускаемой продукции не всегда соответствуют потребительскому спросу. Люди все чаще задумываются о своем здоровье, стремятся к более осознанному потреблению пищевых продуктов. В современном мире здоровый образ жизни является не только потребительским трендом, но и одним из атрибутов статуса. Как и всегда, покупателям важна цена, но сегодня это далеко не первый фактор выбора.

В настоящее время в Барнауле существуют различные предприятия по производству кондитерских изделий, которых всего насчитывается около пятиста. Бисквитные торты производят не толь-

ко крупные сетевые фирмы, такие как «Форне» (34 филиала в Барнауле), «Алтайские зори» (18 филиалов), «Тортест» (12 филиалов), «Tortel» (15 филиалов), но и малые кондитерские «Kuzina», «O'bakery», «Cherry Marry», «Alla Gefke» и другие. Кроме того, популярностью пользуются услуги так называемых частных кондитеров, которые производят продукцию у себя дома и реализуют ее через своих знакомых или с помощью различных интернет-площадок, таких как «Инстаграм», «ВКонтакте» и др.

Однако современный потребитель заинтересован не только во вкусовых и органолептических свойствах десерта, но и в его пользе для организма. Большинство диет предполагает отказ от кондитерской и бакалейной продукции, поэтому на сегодня широкое распространение получили так называемые ПП-десерты, для приготовления которых используются ингредиенты с пониженной калорийностью, в том числе мука. Аббревиатура ПП расшифровывается как «правильное питание». Принцип правильного питания предусматривает обеспечение организма всеми необходимыми микроэлементами и витаминами, а не отказ от любимых десертов. Полезные десерты все более востребованы потребителями всех типов, что также требует наличия в достаточном количестве муки, предназначенной непосредственно для этой цели. В кондитерском производстве для улучшения свойств бисквитного теста применяют не только муку, но и приготовленные специально сухие смеси: часть муки (до 30%) заменяется на сухой кукурузный крахмал. Таким образом снижают содержание белка, что способствует увеличению пористости и пышности готового изделия.

В таблице 1 приведен количественный состав распространенных сортов муки, применяемых в хлебопекарной промышленности и кондитерском производстве. На самом деле дифференциация по содержанию белка в муке различных сортов может изменяться в более обширных пределах, однако в продажу, по сути, поступают смеси различных сортов муки, имеющие какой-то средний показатель количества белка, но и он не всегда указывается производителем. Алтайские мукомолы целенаправленной глубокой переработкой зерна с получением фракций с регулируемым количеством белка практически не занимаются, однако получают муку с пониженным содержанием клейковины, используя пшеницу 4 класса, при этом количество белка в муке, полученной таким образом, колеблется в пределах 8–9%.

Таблица 1

Количественный состав сортов муки

Сорт	Клейковина,%	Белок,%
Крупчатка	30	—
Высший сорт	28	10,3
Первый сорт	30	10,6
Второй сорт	25–28	11,7

Исследования подтверждают, что наибольшее количество белковых веществ содержится во фракции от 1 до 15 мкм, а наименьшее — во фракции частиц размером от 17 до 40 мкм. Механическое разделение смеси на ситах при традиционных способах классификации продуктов размола не представляется возможным, поэтому в мире для выделения высокобелковой фракции применяют пневматическую сепарацию, в основе которой лежит принцип, основанный на различии целого комплекса физико-механических свойств, включая аэродинамические показатели. Одним из таких способов получения высокобелковой муки, который применяется на мукомольных заводах, является отбор тонкой фракции на фильтрах систем пневмотранспорта муки высшего и первого сорта. Такой способ улавливания высокобелковых частиц несовершенен и не позволяет получить продукт с заданными свойствами.

Исследования процессов классификации продуктов размола зерна на базе способа отделения мелкодисперсных частиц от газовой среды [1] показали хороший результат фракционирования продуктов размола зерна. Экспериментальная установка представляет собой спиральный классификатор, образованный витками гибкого трубопровода различного диаметра. Аэродисперсный поток, содержащий полидисперсную смесь продуктов размола пшеницы, поступает в установку, далее под дей-

ствием центробежных сил и сил тяжести частицы фракций прижимаются к стенкам спирали и осаждаются в приемных бункерах.

Пофракционную эффективность отделения на каждом витке и общую эффективность находили по формулам (1) и (2) соответственно, результаты приведены в таблице 2.

Эффективность очистки в i-ом витке выражается отношением:

$$\varepsilon_{i\text{ый.вит}} = \frac{m_{i\text{ый.вит.у}}}{M_{прод}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $m_{i\text{-ыйвит.у}}$ — количество осевших частиц на i-ом витке;

$M_{прод}$ — количество продукта, поступившего в классификатор.

Общая эффективность очистки:

$$\varepsilon_{общ} = \sum(\varepsilon_{1вит} + \varepsilon_{2вит} + \varepsilon_{3вит}) \quad (2)$$

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что основная часть продуктов размола осаждается в бункерах на первом и втором витках, достигнув при этом эффективности улавливания 95,0–99,8% в диапазоне скоростей 8–12 м/с. Моделирование процесса движения частиц в классификаторе [2] позволяет прогнозировать разделение самой мелкой фракции до 16 мкм при соблюдении скоростного режима воздушного потока в пределах 0,4–0,5 м/с и соответствующей геометрии витка.

Таблица 2

Данные об эффективности спирального разделителя по продуктам

1 драная система				
$\upsilon_{вх}$, м/с	Эффективность на витке,%			Общая эффективность,%
	1	2	3	
8	78,8	8,2	1,0	98,0
10	73,6	20,0	1,4	96,4
12	79,2	16,4	0,2	96,0
2 драная система				
$\upsilon_{вх}$, м/с	Эффективность на витке,%			Общая эффективность,%
	1	2	3	
8	90,4	8,4	0,4	99,2
10	85,6	12,0	2,0	99,6
12	85,0	12,4	2,4	99,8
3 драная система				
$\upsilon_{вх}$, м/с	Эффективность на витке,%			Общая эффективность,%
	1	2	3	
8	59,2	35,0	3,2	97,4
10	57,0	36,4	1,6	95,0
12	57,0	40,0	1,2	98,2

Проведенные по уточненным конструкторско-технологическим параметрам экспериментальные исследования работы спирального классификатора-пылеотделителя продуктов размола зерна со второй и третей драной системами, а также манной крупы подтверждают работоспособность спирального классификатора. Дальнейшие исследования процесса будут направлены на совершенствование конструкции классификатора для уменьшения размера уловленных фракций за счет постепенного сужения диаметра сечения воздуховода пневмоцентробежного спирального классификатора. При этом для изменения расходной характеристики воздушного потока предлагается организовать регулируемую подачу воздуха для каждой фракции классификатора в пределах рабочей зоны. Применение представленного способа пневмоцентробежной классификации дисперс-

ных материалов позволит упростить машинно-аппаратурное оформление процесса переработки зерна в муку, повысить безопасность и экологичность производства, получить продукты с заданными свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2461410 Российской Федерации, МПК B01D45 /16, B07 B7 /08. Способ отделения мелкодисперсных частиц от газовой среды / В. Л. Злочевский, О. Н. Терехова; заявл. 31.05.2011; опубл. 20.09.2012. Бюл. № 26.

2. Терехова О. Н., Дуюнова Я. С., Глебов А. А. Обоснование параметров пневмоцентробежной сепарации дисперсных материалов. Барнаул : АГТУ им. И. И. Ползунова, 2019. — С. 127–132.

УДК 613.287 (571.150)

МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Д. А. Усатюк

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

В статье приведена часть результатов исследовательской работы сотрудников лаборатории научно-прикладных и технологических разработок отдела сыроделия ФГБНУ ФАНЦА, направленных на изучение совместимости молочной основы и растительных ингредиентов. Растительные ингредиенты представлены в виде концентратов ягод облепихи, смородины, жимолости и яблочного сока, выведенных и собранных на территории Алтайского края.

Ключевые слова: технология, сыр, кисломолочный напиток, растительный концентрат, облепиха, смородина, жимолость, яблоко

Растительное сырье богато углеводами, в том числе пектиновыми веществами. Пектин обладает способностью связывать и выводить из организма тяжелые металлы, радионуклиды, а также другие ксенобиотики химического и биологического происхождения. Эти свойства позволяют отнести пектин к незаменимым веществам, использование которых в производстве продуктов лечебного и профилактического назначения является обязательным [1]. А сочетание растительных добавок с молочной основой позволит получать обогащенные комбинированные продукты питания [2].

В лаборатории научно-прикладных и технологических разработок отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА проведен значительный объем работ по исследованию возможности использования растительного сырья Алтайского края в технологии мягких сыров и кисломолочных напитков. Растительные ингредиенты, использованные в работе, подготовлены и предоставлены отделом НИИСС им. М. А. Лисавенко ФГБНУ ФАНЦА.

В качестве растительных ингредиентов изучены соки, протертые массы и концентраты таких культур, как облепиха, жимолость, смородина и яблоко [3]. При проведении пробных экспериментальных выработок молочных продуктов с добавлением растительных ингредиентов предпочтение было отдано растительным концентратам. В таблице 1 приведены физико-химические показатели исследуемых концентратов.

Сотрудниками СибНИИС разработана и утверждена нормативно-техническая документация на технологию изготовления мягкого сливочного сыра «ТворожЖич» (ТУ 10.51.40–083–004119710).

Таблица 1

Физико-химические показатели исследуемых растительных концентратов

Вид культуры	Активная кислотность, ед. pH	Титруемая кислотность,%	РСВ,%	Сумма полифенолов, мг/дм^3	Сахара, г/100 г	НТД
Концентрат жимолости	2,85	7,30	37,5	24315	31,3	ГОСТ 32102–2013
Концентрат черной смородины	2,68	5,10	33,5	12876	23,0	
Концентрат яблочного сока	3,01	5,50	66,5	10202	77,6	
Концентрат облепихи	3,12	5,80	61,0	17630	41,9	

В технологии данного сыра реализован термокислотный тип свертывания сливочной смеси при помощи раствора глюконовой кислоты. Разработанный способ производства с подобранными технологическими параметрами позволяет получать сыр с минимальными потерями по жиру и белку с сывороткой, а также использовать различные вкусовые компоненты для расширения вкусового букета. В данной технологии предусмотрена возможность внесения вкусо-ароматических добавок в уже сформированный термокислотный сливочный сгусток. Сотрудниками также исследована возможность комбинирования сливочной основы сыра с растительными концентратами облепихи, черной смородины, жимолости и яблочного сока.

Растительный концентрат имеет низкую активную кислотность, которая оказывает влияние на вкус и структуру сливочного сыра. При проведении серии экспериментов, направленных на изучение совместимости сырной основы и растительного ингредиента, были подобраны такие дозы растительных концентратов, при внесении которых активная кислотность готового продукта находилась в оптимальном диапазоне. В таблице 2 приведены показатели активной кислотности сливочной основы сыра с растительным ингредиентом. При этом активная кислотность сырной основы перед внесением растительного концентрата составляла 5,5±0,1 ед. pH.

Таблица 2

Активная кислотность сливочного сыра с растительным компонентом

Вид культуры концентрата растительного ингредиента	Активная кислотность сливочного сыра с растительным концентратом, ед. pH		
	24 ч	10 суток	30 суток
Облепиха	5,09±0,11	5,19±0,17	5,24±0,09
Яблоко	5,01±0,08	5,15±0,07	5,19±0,11
Черная смородина	4,93±0,13	5,08±0,11	5,11±0,15
Жимолость	4,87±0,12	4,92±0,12	5,07±0,11

Также сотрудниками лаборатории подобраны оптимальные температурно-временные режимы для внесения растительного ингредиента, при соблюдении которых получается комбинированный сыр с отличными органолептическими показателями, приведенными в таблице 3.

При проведении исследований по совместимости растительных ингредиентов с молочной основой также изучена возможность использования растительных концентратов в технологии мягких сыров из цельного и нормализованного молока.

Изучены термокислотный и сычужно-кислотный типы свертывания молочной основы с растительным ингредиентом. При сычужно-кислотном способе сырная масса характеризовалась крошливой несвязной консистенцией, ломкостью и отсутствием целостности сырной головки, что можно объяснить влиянием низкой активной кислотности растительной добавки, которая находилась в пределах от 2,85 до 3,12 ед. pH. Кислотность растительного ингредиента явилась причиной несовместимости молочного ингредиента с растительным в технологии мягкого сычужного-кислотного сыра.

Таблица 3

Органолептические показатели сливочного сыра «ТвороЖич» с добавлением растительных ингредиентов

Наименование показателя	Показатель
Внешний вид	Поверхность продукта ровная, гладкая. Допускается незначительное отделение сыворотки и наличие незначительного конденсата
Консистенция	Нежная, мягкая, пластичная, однородная по всей массе
Вкус и запах	Чистый, сливочный, без посторонних привкусов и запахов. В сыре с наполнителями — привкус и запах наполнителя
Цвет	От белого до слабо-желтого, равномерного по всей массе сыра или обусловленного цветом внесенного наполнителя
Рисунок	Отсутствует. Допускается незначительное количество пустот

При использовании термокислотного свертывания молочной смеси растительным ингредиентом и раствором органического подкислителя удалось получить мягкий сыр с ранее задаваемыми и ожидаемыми органолептическими показателями, приведенными в таблице 4.

Таблица 4

Органолептические показатели мягкого сыра с растительными ингредиентами

Наименование показателя	Показатель
Внешний вид	Поверхность гладкая, допускается слабоморщинистая, слегка увлажненная, без ослизнения
Консистенция	Тесто в меру плотное, нежное, однородное по всей массе
Вкус и запах	Чистый, молочный привкус и запах плодово-ягодного наполнителя
Цвет	Используемого фруктово-ягодного наполнителя, однородный
Рисунок	Отсутствует, допускается небольшое количество пустот и щелей

При реализации данной технологии отмечена возможность использования подсырной сыворотки в качестве отдельного питьевого продукта. Введение в рецептуру растительных ингредиентов также способствовало увеличению выхода готового продукта. В разрабатываемой технологии отработана доза внесения сахара и установлено время посолки сыра, в результате чего сыр приобретает приятную ненавязчивую сладость с сырной ноткой вкуса. Данная технология реализована в нормативно-технической документации на сыр мягкий «Беррис», обогащенный растительным сырьем (ТУ 10.51.40–095–71220805–2021) [4].

Значительная часть научно-исследовательской работы была направлена на изучение влияния растительного ингредиента на молочную основу в технологии кисломолочных напитков типа йогурта. Кисломолочный напиток с растительным концентратом вырабатывался из цельного молока. Пастеризация осуществлялась в емкости с водяной рубашкой нагревом до температуры 95 °С с выдержкой от 10 до 15 минут. При достижении температуры пастеризации в молоко при постоянном перемешивании вносили просеянный сахар-песок в количестве 7%. Далее смесь охлаждали до температуры сквашивания 42 °С. По достижении температуры 42 °С в смесь вносили заранее рассчитанное и подготовленное количество производственной закваски. В работе использована заквасочная культура «Лактина» вид LAT BY-T лиофилизированная, концентрированная. Микробиологический состав закваски представляют культуры Streptococcus thermophilus и Lactobacillus delbrueskii subsp. bulgaricus активностью $1*10^{10}$ КОЕ/г. По достижении сгустком активной кислотности 4,85 ед. pH продукт направляли на охлаждение до температуры 22–25 °С. При достижении сгустком температуры от 22 до 25 °С вносили заранее рассчитанное количество концентрата растительного ингредиента. После перемешивания напиток упаковывали в потребительскую упаковку и направляли на доохлаждение при температуре от 2 до 6 °С.

При проведении серии опытов, направленных на изучение совместимости концентратов растительных ингредиентов с кисломолочной основой, исследовали полученные экспериментальные образцы кисломолочных напитков также и на микробиологические показатели. Рассматривалось содержание в образцах напитков количество полезной микрофлоры вносимой закваски. В таблице 5 приведены результаты микробиологических исследований образцов кисломолочного напитка с растительными концентратами.

Таблица 5

Микробиологические показатели образцов кисломолочных напитков с добавлением растительных концентратов и без них

Вид культуры концентрата растительного ингредиента	Показатели	
	количество *Streptococcus thermophilus*, КОЕ/см^3	*Lactobacillus bulgaricus*, КОЕ/ см^3
Жимолость	$1{,}0 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^4$
Черная смородина	$1{,}0 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^3$
Яблоко	$1{,}0 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^4$
Облепиха	$1{,}0 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^4$
Контроль (без растительного ингредиента)	$1{,}0 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^6$
Микроскопический препарат: во всех микроскопических препаратах исследуемых образцов в поле зрения в основном отмечены клетки *Streptococcus thermophilus* и 2–3 клетки *Lactobacillus bulgaricus*		

Во всех образцах отмечено одинаковое количество клеток *Streptococcus thermophilus*, что говорит о высокой жизнеспособности данного микроорганизма и отсутствии негативного влияния растительного ингредиента на его развитие. Количество болгарской палочки во всех образцах было разным. Наибольшее ее содержание отмечено в контрольном образце без добавления растительных концентратов, а наименьшее — в образце с добавлением концентрата черной смородины. Полученный результат свидетельствует о незначительном негативном воздействии растительной культуры на развитие и жизнеспособность болгарской палочки в продукте. Несмотря на некоторое уменьшение количества микроорганизмов заквасочной культуры, общее число их соответствует требованиям, предъявляемым к кисломолочным напиткам.

В результате проведенных сотрудниками отдела сыроделия СибНИИС серий экспериментов и исследований, направленных на изучение совместимости молочной основы с растительными ингредиентами, сделан вывод о том, что использование растительного сырья Алтайского края в технологии молочных продуктов имеет большие возможности и перспективы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубев В. Н., Шелухина Н. П. Пектин: химия, технология, применение. — М. : Изд-во АНТ РФ, 1995. — 387 с.

2. Мусина О. Н., Щетинин М. П., Сахрынин М. Н. Состояние и тенденции развития биотехнологии комбинированных молочных продуктов : монография. — Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006.

3. Кольтюгина О. В. Получение молочных продуктов с использованием продуктов переработки плодов облепихи // Ползуновский вестник, 2016. — № 1. — С. 24–28.

4. Мусина О. Н., Бондаренко Н. И., Усатюк Д. А. Новые мягкие сыры, обогащенные плодово-ягодным сырьем Алтая // Сыроделие и маслоделие, 2020. — № 6. — С. 14–16.

УДК 637.33

ПРОБИОТИЧЕСКИЙ ПОЛУТВЕРДЫЙ СЫР «ПЛАДОЛЕНС» КАК ПРОДУКТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И. А. Функ, Е. Ф. Отт

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Одной из задач современной пищевой биотехнологии является обеспечение населения страны продуктами питания, способствующих активному и здоровому образу жизни, за счет употребления в пищу пробиотических продуктов функционального назначения. Функциональные свойства пробиотических продуктов, в том числе сыров, обусловлены наличием пробиотических микроорганизмов, таких как лакто-, бифидо- и пропионовокислые бактерии. С целью реализации стратегии повышения качества пищевой продукции, а также для расширения ассортимента функциональных продуктов в лаборатории микробиологии отдела Сибирский НИИ сыроделия ФГБНУ ФАНЦА проводилась работа по созданию пробиотического полутвердого сыра с функциональными свойствами. При разработке сыра изучали его микробиологические, физико-химические и органолептические показатели. Пробиотический полутвердый сыр соответствовал требованиям, предъявляемым к данному виду функциональных продуктов. На новый полутвердый пробиотический сыр была разработана и утверждена нормативно-техническая документация (НТД) (ТУ 10.51.40–084–00419710–2017). Сыр получил творческое название «Пладоленс».

Ключевые слова: функциональный продукт, полутвердый пробиотический сыр, бактериальная закваска, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium adolescentis*, микробиологические показатели, физико-химические показатели, органолептические показатели

Введение. Качество пищевых продуктов является одним из основных факторов, оказывающих влияние на состояние здоровья, работоспособность, умственное и физическое развитие, а также на продолжительность жизни человека. Однако структура питания современного человека характеризуется негативными тенденциями. Это связано с воздействием целого ряда неблагоприятных факторов, влияющих на нормальное функционирование основных систем жизнедеятельности организма. С одной стороны, это ухудшающаяся экологическая обстановка, увеличение количества стрессовых ситуаций, а с другой — массовое бесконтрольное применение различных лекарственных средств, в том числе антибиотиков. В связи с этим возникла серьезная проблема относительно способов конструирования и восстановления оптимальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека [1]. В Российской Федерации принята стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года. Где одной из основных государственных задач является обеспечение населения страны продуктами питания, способствующих активному и здоровому образу жизни, за счет употребления в пищу пробиотических продуктов функционального назначения. Функциональные продукты создаются на основе традиционных продуктов, но дополняются так называемыми функциональными ингредиентами, способствующими улучшению функций организма. К таким ингредиентам относятся и пробиотики [2].

В соответствии с ГОСТ Р 52349–2005 пробиотик — это функциональный пищевой ингредиент в виде полезных для человека живых микроорганизмов, обеспечивающий при систематическом употреблении его в пищу благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника [3]. Для создания функциональных продуктов питания используют основные группы эубиотиков, такие как бифидобактерии (*Bifidobacterium bifidum, B. longum, B. adolescentis, B. breve*), лактобактерии (*Lactobacillus acidophilus, L. plantarum, L. casei, L. reuteri, L. fermentum, L. rhamnosus*) и пропионовокислые бактерии (*Propionibacterium freudenreichii spp.*). Вышеперечисленные пробиотические микроорганизмы обеспечивают стабилизацию микрофлоры организма человека, восстанавливают ее нарушенный баланс и стимулируют иммунологические функции слизистой оболочки пищеварительного тракта [5]. В на-

стоящее время ассортимент функциональных продуктов питания с использованием пробиотических микроорганизмов постоянно расширяется, что обосновано их положительным влиянием на здоровье человека. Подавляющее большинство пробиотиков это молочные продукты, в частности кисломолочные напитки, такие как кумыс, айран, наринэ, кефир, биолакт, Бифилин, Лактолин, Бифилакт, бифидокефир, бифидойогурт, бифацил и др. Однако, в последнее время пробиотические микроорганизмы нашли свое применение при производстве сыров [4]. Поэтому с целью реализации стратегии повышения качества пищевой продукции, а также для расширения ассортимента функциональных продуктов в лаборатории микробиологии отдела Сибирский НИИ сыроделия ФГБНУ ФАНЦА проводилась научно-исследовательская работа по созданию пробиотического полутвердого сыра с функциональными свойствами.

Материалы и методы исследования. При проведении исследования использовали стандартные методы микробиологического и физико-химического анализа. Количество молочнокислых микроорганизмов определяли по ГОСТ 33951–16, количество бифидобактерий — ГОСТ Р 56139–14, активная кислотность потенциометрическим методом по ГОСТ 32892–14. Органолептическую оценку готового продукта проводили в соответствии с ГОСТ 33630–2015 [6–9].

Результаты и их обсуждение. При разработке технологии пробиотического сыра с функциональными свойствами прототипом служила технология сыра «Новосибирский» (ТУ 9225–003–13676118–08). В качестве функциональных ингредиентов выступали специально подобранные штаммы пробиотических культур *L. plantarum и B. adolescentis*. Пробиотические культуры отбирались по технологически-ценным свойствам из Сибирской коллекции микроорганизмов (СКМ) (время образования сгустка, активность кислотообразования, антагонистическая активность по отношению к технически вредной микрофлоре). В состав закваски дополнительно вводили молочнокислые лактококки для сыров с низкой температурой второго нагревания (БК Алтай — С, производство ООО «Барнаульская биофабрика»).

Так как современные стандарты в области функциональных пищевых продуктов регламентируют, чтобы содержание пробиотических микроорганизмов в готовом продукте было не ниже 10^6 КОЕ/г (см ^{3}) (ГОСТ 52349–2005), то в ходе работы было важно проследить динамику численности пробиотической микрофлоры в процессе созревания сыра и в готовом продукте. Уровень пробиотической микрофлоры учитывали после пресса, через 10, 30 и 60 суток (рис. 1).

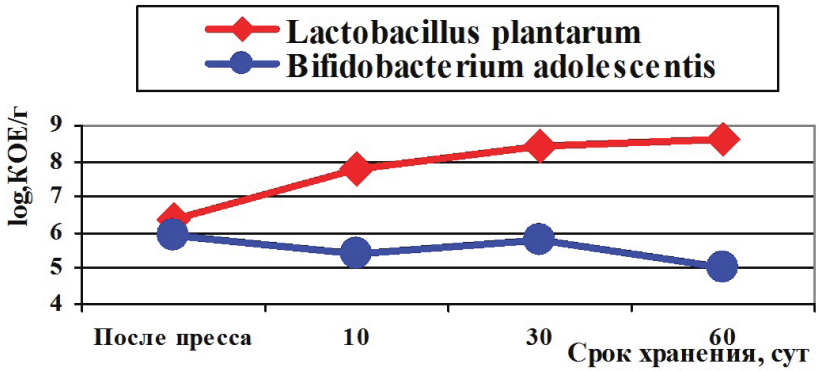


Рис. 1. Динамика численности пробиотических микроорганизмов сыра в процессе хранения

Анализ полученных данных показывает, что количество лактобацилл в сыре в период созревания находилось на уровне $3{,}2x10^8$–$2{,}0x10^6$ КОЕ/г, а количество бифидобактерий — $5{,}0x10^7$–$1{,}0x10^6$ КОЕ/г, что соответствует требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам.

Наличие пробиотических микроорганизмов ожидаемо повлияло на органолептические показатели нового сыра с функциональными свойствами. Зрелый сыр (30 суток) характеризовался приятным сырным вкусом, эластичной, слегка плотной консистенцией. Рисунок на разрезе сыра по всей массе равномерный, неправильный, щелевидный.

Результаты органолептической оценки готового продукта показали, что новый пробиотический сыр получил высокую оценку у экспертной комиссии отдела «Сибирский НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА, по большинству показателей набрав максимальные баллы из возможных. Общая бальная оценка полутвердого пробиотического сыра составила 99 баллов из 100 (рис. 2).

В процессе хранения продукта интенсивность сырного вкуса усилилась, однако такие пороки вкуса, как горечь, неприятное послевкусие, отмечены не были. По физико-химическим свойствам пробиотический полутвердый сыр соответствовал требованиям разработанного ТУ (ТУ 10.51.40–084–00419710–2017) на данный вид сыра и характеризовался следующими показателями: массовая доля жира в сухом веществе — 50%, массовая доля влаги — 43%, массовая доля поваренной соли — от 1,5 до 2,0%, активная кислотность — 5,06–5,2 ед. pH.

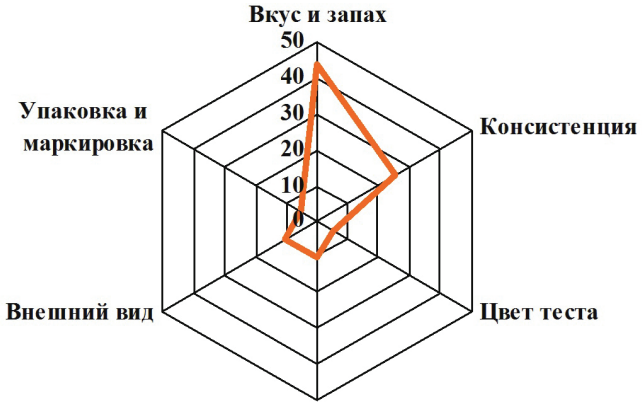


Рис. 2. Органолептическая оценка пробиотического сыра

Заключение. Таким образом, многочисленные опытные выработки нового сыра (около 6000 кг), полученного, в том числе, из биологически обедненного молока (в весеннее и осеннее время) и молока относительно невысокого санитарно-бактериологического качества, показали, что разработанная технология обеспечивает стабильное развитие вкуса в сырной массе и высокое содержание в ней пробиотической микрофлоры. На новый полутвердый сыр функционального назначения разработана и утверждена нормативно-техническая документация (НТД). Сыр получил творческое название «Пладоленс».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гунина Л. Современные пробиотическре функциональные продукты в практике подготовки спортсменов // Наука в олимпийском спорте, 2015. — № 3. — С. 26–33.

2. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. — Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р.

3. ГОСТ Р 52349–2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с Изменением № 1 от 01.03.2011 г.) — М. : Стандартинформ, 2008. — 8 с.

4. Каган Я. Р. Сыры с пробиотической микрофлорой // Сыроделие и маслоделие, 2009. — № 2. — С. 24–27.

5. Полянская И. С., Закрепина Е. Н., Семенихина В. Ф. Эффект квазикапсулирования пробиотических культур при производстве кисломолочных продуктов // Молочная промышленность, 2018. — № 4. — С.19–21.

6. ГОСТ 33951–2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. — М. : Стандартинформ, 2016. — 10 с.

7. ГОСТ Р 56139–2014 Продукты пищевые функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов. — М. : Стандартинформ, 2015. — 22 с.

8. ГОСТ 32892–2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. — М. : Стандартинформ, 2015. — 10 с.

9. ГОСТ 33630–2015 Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей. — М. : Стандартинформ, 2016. — 55 с.

УДК 636.295:577.15

ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ ЗАМЕН НА СИНТЕЗ И ЛОКАЛИЗАЦИЮ РЕКОМБИНАНТНОГО ПРОХИМОЗИНА ВЕРБЛЮДА

В. О. Щеголькова[1], Д. В. Балабова[1], Д. Н. Щербаков[1, 2]

[1] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия,

[2] Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р. п. Кольцово, Россия

Исследовано влияние аминокислотных замен в молекуле прохимозина двугорбого верблюда на его синтез и локализацию при наработке в системе *E. coli*. Показано, что накопление целевого фермента идет как в нерастворимой фракции, так и в растворимой фракции, секретируемой в периплазматическое пространство клетки. В большей степени прохимозин нарабатывается при культивировании в течение 18 часов. Единичные аминокислотные замены в прохимозине двугорбого верблюда не играют существенной роли в количестве наработанного прохимозина.

Ключевые слова: рекомбинантый химозин, молокосвертывающий фермент, рекомбинантный фермент, химозин верблюда, аминокислотные замены

В настоящее время большую долю молочной промышленности составляет производство сыров. На начальной стадии производства сыра необходимо использование молокосвертывающих препаратов, которые осуществляют коагуляцию молока и стимулируют развитие молочнокислых бактерий, преобразующих лактозу в молочную кислоту, а их ферменты осуществляют дальнейший гидролиз всех составных частей сырной массы [1]. В связи с ростом объемов производства натуральных сыров все острее стоят вопросы обеспечения выпуска качественной и конкурентоспособной продукции.

Традиционно эталоном молокосвертывающего фермента для сыроделия считался натуральный химозин коровы. Начиная с 1990-х годов в производстве сыров стал использоваться рекомбинантный химозин коровы (*Bos taurus* L.).

Химозин (ЕС 3.4.23.4) — аспартатная эндопептидаза, которая является основным действующим агентом сычужного фермента. Название отражает наличие в структуре активного центра двух остатков аспарагиновой аминокислоты (аспартата). Данная протеаза секретируются в главных клетках желудка в виде неактивного препрохимозина. Препрохимозин — это белок, в состав которого входит 381 аминокислотный остаток, 16 из них являются гидрофобной лидерной последовательностью, играющей роль в секреции химозина через клеточную мембрану. Для экспрессии в прокариотической системе она не требуется. Препрохимозин секретируется в пространство желудка млекопитающих в виде неактивного зимогена — прохимозина, который содержит на N-конце просегмент около 42 остатков и под воздействием кислой среды желудка путем автокаталитического расщепления активируется до химозина [3].

Химозин способствует более медленному прохождению молока по пищеварительному тракту и более полному его усвоению, что играет важную роль в пищеварении млекопитающих [2]. Химо-

зин эффективно коагулирует молоко и удерживает осадок молочного белка в желудке в течение длительного периода, так что осадок в достаточной степени подвергается воздействию протеолитического фермента. Он специфически расщепляет пептидную связь Phe105-Met106 в цепи к-казеина, чтобы вызвать свертывание молока. Химозин также отвечает за текстурные изменения и усиление вкуса сыра при созревании [5].

В 2006 г. был открыт, а позднее стал использоваться рекомбинантный химозин одногорбого верблюда (*Camelus dromedarius* L.). Данный химозин является уникальным аналогом коровьего химозина, который превосходит его по ряду характеристик, важных в сыроделии: во-первых, по молокосвертывающей активности, во-вторых, по соотношению молокосвертывающей и общей протеолитической активности [4]. Химозин двугорбого верблюда (*Camelus ferus* L.) изучен не был. Сравнивая аминокислотные последовательности химозинов одногорбого и двугорбого верблюдов, можно заметить высокую степень гомологии данных молокосвертывающих ферментов (табл.). Эти последовательности отличаются друг от друга двумя аминокислотными заменами.

Аминокислотные последовательности генов прохимозина
C. dromedarius L., C. ferus L.

Название синтезированного гена	Аминокислотная последовательность
Прохимозин *Camelus dromedarius L.* (одногорбый верблюд)	SGITRIPLHKGKTLRKALKERGLLEDFLQRQQYAVSSKYSSLGKVAREPLTSYLDSQYFGKIYIG TPPQEFTVVFDTGSSDLWVPSIYCKSNVCKNHHRFDPRKSSTFRNLGKPLSIHYGTGSMEGFLG YDTVTVSNIVDPNQTVGLSTEQPGEVFTYSEFDGILGLAYPSLASEYSVPVFDNMMDRHLVAR DLFSVYMDRNGQGSMLTLGAIDPSYYTGSLHWVPVT***L***QQYWQFTVDSVTINGVAVACVGG CQAILDTGTSVLFGPSSDILKIQMAIGATENRYGEFDVNCG***N***LRSMPTVVFEINGRDYPLSPSA YTSKDQGFCTSGFQGDNNSELWILGDVFIREYYSVFDR ANNRVGLAKA
Прохимозин *Camelus ferus L.* (двугорбый верблюд)	SGITRIPLHKGKTLRKALKERGLLEDFLQRQQYAVSSKYSSLGKVAREPLTSYLDSQYFGKIYIG TPPQEFTVVFDTGSSDLWVPSIYCKSNVCKNHHRFDPRKSSTFRNLGKPLSIHYGTGSMEGFLG YDTVTVSNIVDPNQTVGLSTEQPGEVFTYSEFDGILGLAYPSLASEYSVPVFDNMMDRHLVA RDLFSVYMDRNGQGSMLTLGAIDPSYYTGSLHWVPVT***V***QQYWQFTVDSVTINGVAVACVG GCQAILDTGTSVLFGPSSDILKIQMAIGATENRYGEFDVNCG***S***LRSMPTVVFEINGRDYPLSPS AYTSKDQGFCTSGFQGDNNSELWILGDVFIREYYSVFDR ANNRVGLAKA

Примечание: аминокислотные замены выделены жирным курсивом с подчеркиванием.

Целью данной работы было изучение влияния аминокислотных замен на синтез и локализацию рекомбинантного прохимозина верблюда.

В работе по получению рекомбинантных химозинов верблюда были использованы рекомбинантные плазмиды со встроенными генами прохимозина одногорбого и двугорбого верблюдов, которыми трансформировали клетки *E. coli*. Была получена дневная культура из трансформированных клонов, после чего вносили индуктор изопропил-β-D-1-тиогалактопиранозид (ИПТГ) для запуска экспрессии гена целевого белка. Наработка белка прохимозина осуществлялась при концентрации ИПТГ 0,1 мМ и культивировании в течение 4 и 18 часов. После чего использовались биохимические методы для его выделения и изучения. Производилось осаждение биомассы, разрушение и лизис клеточной стенки, растворение телец включения в буфере с мочевиной и последующий рефолдинг рекомбинантного химозина. Анализ накопления и локализации прохимозина верблюда проводили при помощи электрофоретического разделения в ПААГ.

В ходе анализа полученного результата разделения данных препаратов была определена локализация прохимозина одногорбого и двугорбого верблюдов. Эффективность синтеза прохимозина зависела от времени наработки. В препарате, содержащем ген химозина одногорбого верблюда, наблюдалось наличие целевого белка по всех фракциях, но в большей степени белок локализуется в тельцах включения после инкубации в течение 18 часов (рис. 1).

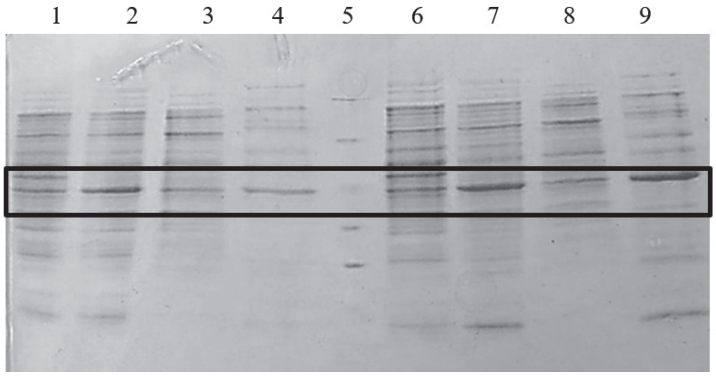


Рис. 1. Результат разделения препаратов *E. coli*, содержащих ген химозина одногорбого верблюда в ПААГ:
1 – до ИПТГ; 2 – после наработки 4 ч; 3 – растворимая фракция 4 ч; 4 – тельца включения 4 ч;
5 – маркер молекулярных масс; 6 – до ИПТГ; 7 – после наработки 18 ч; 8 – растворимая фракция 18 ч;
9 – тельца включения 18 ч

Прохимозин двугорбого верблюда также локализуется в большей степени в тельцах включения, в меньшей — в растворимой фракции (рис. 2). В большем количестве прохимозин синтезируется при культивировании в течение 18 часов. Культивирование клеток в течение 4 часов малоэффективно.

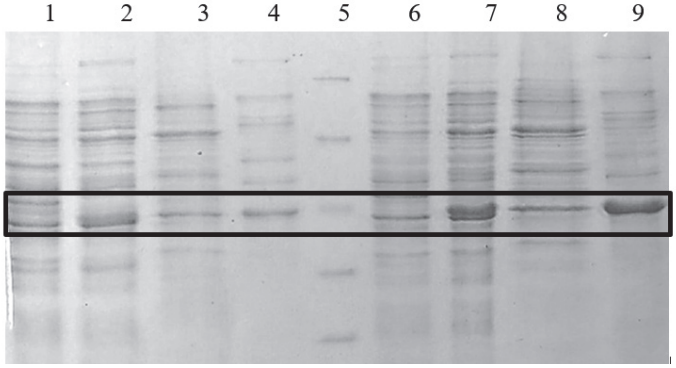


Рис. 2. Результат разделения препаратов *E. coli*, содержащих ген химозина двугорбого верблюда в ПААГ:
1 – до ИПТГ; 2 – после наработки 4 ч; 3 – растворимая фракция 4 ч; 4 – тельца включения 4 ч;
5 – маркер молекулярных масс; 6 – до ИПТГ; 7 – после наработки 18 ч; 8 – растворимая фракция 18 ч;
9 – тельца включения 18 ч

Таким образом, химозин верблюда локализуется и в растворимой фракции, и в тельцах включения, но в большей степени накапливается в виде телец включения. Единичные аминокислотные замены не играют существенной роли в количестве наработанного прохимозина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваль А.Д. Свойства молокосвертывающих препаратов и их влияние на процесс созревания сыра : автореф. дисс. … канд. техн. наук. — Кемерово, 2005. — 20 с.

2. Цикуниб А.Д., Гончарова С.А. Молокосвертывающие ферменты: сравнительная характеристика // Наука: комплексные проблемы, 2014. — № 4. — С. 20–27.

3. Jensen L., Mølgaard J., Poulsen A.N., Harboe J.C. et al. Camel and bovine chymosin: The relationship between their structures and cheese-making properties // Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography, 2013. — Vol. 69. — № 5. — P. 901–913.

4. Kappeler S.R., van den Brink H.J., Rahbek-Nielsen H., Farah Z. et al. Characterization of recombinant camel chymosin reveals superior properties for the coagulation of bovine and camel milk // Biochem. Biophys. Res. Commun., 2006. — Vol. 342. — № 2. — P. 647–654.

5. Kumar A., Grover S., Sharma J., Batish V. K. Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions // Critical Reviews in Biotechnology, 2010. — Vol. 30. — № 4. — P. 243–258.

УДК 664

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ) В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАРЕНИКОВ

А. Р. Ягудин, С. А. Счисленко

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

Данная работа выполнялась на перерабатывающем предприятии ООО «Хозяин», г. Ачинск, в период прохождения преддипломной практики. Объект исследования — вареники с мясом и капустой с заменой 3% начинки мясо-капустного фарша на пищевую растительную добавку (крапиву). Цель работы — определить эффективность производства вареников контрольного и опытного вариантов, произведенных по традиционной технологии с использованием пищевых добавок растительного происхождения (крапивы двудомной). В результате исследования были получены данные органолептического, химического, микробиологического исследования, рассчитана экономическая эффективность производства вареников на ООО «Хозяин», г. Ачинск.

Ключевые слова: вареники, крапива двудомная, добавки растительного происхождения, полуфабрикаты

Введение. На сегодняшний момент полуфабрикаты стали частью питания большинства населения. Изготовление качественных полуфабрикатов является актуальной задачей мясной и растительной промышленности [1]. Использование добавок растительного происхождения позволяет стабилизировать функционально-технологические свойства сырья, увеличить биологическую ценность, улучшить органолептические показатели готовой продукции. [2]. Многие производители стараются разнообразить свои рецепты, так, в вареники могут добавляться даже грецкие орехи для расширения гаммы вкусов все более придирчивого потребителя [3].

Целью наших исследований явилось изучение возможности использования сухих добавок растительного происхождения в начинке при производстве вареников с заменой 3% порошка крапивы.

Согласно поставленной цели были определены следующие задачи:

— изучить технологическую линию производства вареников;
— определить органолептические показатели исследуемых образцов [4];
— исследовать химические показатели [5, 6];
— определить микробиологические показатели [6].

Исследование проводились по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Рецептура	РСТ РСФСР 107–80	Замена 3% начинки мясо-капустного фарша на сухую крапиву
Длительность опыта, дней	6	6
Исследуемые показатели	Органолептические, химические	

Для исследований было сформировано 2 группы: опытная и контрольная. В контрольной группе вареники произвели по РСТ РСФСР 107–80, а в опытной произвели замену 3% начинки мясо-капустного фарша на пищевую растительную добавку (крапиву). Длительность опыта составила 6 дней. Исследуемые показатели: органолептические и химические.

Рецептура производства контрольного и опытного вариантов вареников представлена в таблице 2.

Таблица 2

Рецептура производства контрольного и опытного вариантов вареников

Наименование сырья	Контрольный, вес нетто, кг	Опытный, вес нетто, кг
Для фарша		
Говядина жилованная	1	0,97
Свинина жилованная	1	0,97
Капуста белокочанная	2,15	2,090
Масло растительное	0,5	0,5
Лук репчатый очищенный (заготовка)	0,5	0,490
Сахар-песок	0,01	0,01
Соль поваренная просеянная	0,055	0,055
Перец черный молотый	0,005	0,005
Крапива сухая	—	0,13
Итого фарша	5,22	5,22
Для теста		
Вода питьевая проточная	1,5	1,5
Яйцо (1-й категории)	0,1	0,1
Соль пищевая просеянная	0,05	0,05
Мука пшеничная (высший сорт)	3	3
Мука пшеничная (высший сорт) на подпыл	0,15	0,15
Итого теста	4,8	4,8

Из таблицы 2 видно, что при производстве опытного варианта было уменьшено количество фарша, которые входят в рецептуру контрольного варианта. И за счет уменьшения была введена крапива сухая, не изменяя основного количества сырья.

Эти показатели определяются субъективно специально подобранными экспертами (дегустаторами) в соответствии со шкалой балльной оценки, предусмотренной стандартом [7].

Результаты органолептических исследований вареников представлены в таблице 3. Из таблицы 3 можно сделать вывод, что опытный вариант превосходил контрольный по запаху и вкусу на 0,5 балла. Цвет и консистенция не изменились.

Таблица 3

Результаты органолептических исследований вареников по 5-балльной шкале

Вариант	Показатель					
	внешний вид	цвет	запах	консистенция	вкус	средняя оценка
	Баллы					
Контрольный	5,0	5,0	4,5	5,0	4,5	4,8
Опытный	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

При замене 3% начинки мясо-капустного фарша на пищевую растительную добавку (крапиву) полученный продукт имел приятный аромат, цвет фарша на разрезе с зелеными вкраплениями.

По результатам химических исследований не только судят о качестве произведенного продукта, но также и о соблюдении технологического процесса на производственной линии и соблюдении нормативной документации, согласно которой был выработан данный продукт — вареники с мя-

сом и капустой, а также о питательности продукта. Результаты химических показателей представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты химических исследований вареников

Вариант	Массовая доля жира,%	Массовая доля белка,%	Массовая доля нитрита натрия,%	Массовая доля влаги,%
Контрольный	18	16	0,005	75
Опытный	18	16	0,005	70

Из таблицы 4 можно сделать вывод, что при производстве опытного варианта исследуемые показатели находились в пределах нормы и соответствовали нормативной документации. Массовая доля влаги в опытном образце уменьшилась на 5%, а массовая доля белка, жира, соли не изменилась.

Микробиологические исследования играют важное значение в качественных характеристиках готового продукта, у исследуемых образцов они соответствовали требованиям нормативной документации. Результаты микробиологических исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты микробиологических исследований

Показатель	Вариант	
	контрольный	опытный
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	2×10^6	2×10^6
БГКП (колиформы) в 0,0001 г	Не допускается	Не допускается
Плесени, КОЕ/г, не более	500	500
Патогенные микробы, в т.ч. сальмонеллы	25	25

В таблице 5 видно, что микробиологические показатели в опытном и контрольном вариантах производства вареников с использованием крапивы соответствуют санитарным нормам, что доказывают на предприятии все технологические процессы, в том числе сырье соответствует нормативной документации.

На основании проведенных исследований можно сделать следующее **заключение**:

1. ООО «Хозяин» является рентабельным предприятием за три последних года.

2. Результаты органолептического исследования показали, что опытный вариант превосходил контрольный по запаху и вкусу на 0,5 балла, что соответствовало требованиям, предъявляемым к данному продукту.

3. Согласно данным химического исследования, при производстве опытного варианта исследуемые показатели находились в пределах нормы и соответствовали нормативной документации. Массовая доля влаги в опытном образце уменьшилась на 5%, а массовая доля белка, жира, соли не изменилась.

4. По микробиологическим показателям исследуемые варианты соответствовали нормативной документации по предъявляемому продукту.

5. Расчет экономической эффективности показал, что использование крапивы приведет к уменьшению стоимости продукции на 1,85 руб.

Предложение производству: рекомендуем перерабатывающему предприятию ООО «Хозяин» с целью улучшения вкусовых качеств и производства конкурентоспособной продукции производство вареников с мясом и капустой с добавлением крапивы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чигрина Н.А. Производство замороженных полуфабрикатов в современных условиях // Мясная индустрия, 2013. — № 12. — С. 28–29.

2. Меренкова С. П., Лукин А. А. Технологическое обоснование применения растительных добавок в рецептуре мясных полуфабрикатов // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия: Пищевые продукты и биотехнологии «Технологические процессы и оборудование», 2016. — С. 29–37.

3. Таубе М. А., Чернега О. П. Разработка рецептуры вареников с творожной начинкой, обогащенной грецкими орехами // Инновации в науке, образовании и бизнесе 2013 : сб. трудов XI Междунар. научной конф. 2013. С. 174–176.

4. ГОСТ 25011–81. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. — М. : Госстандарт СССР, 1983. — 7 с.

5. ГОСТ Р ИСО 22000–2007. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. — М. : Стандартинформ, 2017. — 3 с.

6. ТУ 10.13.14–074–37676459–2016. Изделия из субпродуктов мясных. — М. : Стандартинформ, 2017. — 26 с.

7. ГОСТ 17.23.02–78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями». — 1979.

8. Абрамов В. В., Русак О. Н., Бобров М. М. Безопасность жизнедеятельности. — СПб. : Изд-во ИНФРА, 2013. — 59 с.

БИОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

УДК 636.2

ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ГЛУБОКОСТЕЛЬНЫХ КОРОВ И СОСТОЯНИЕ ИХ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ ПОСЛЕ ОТЕЛА

Н. Ю. Беляева

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

В результате изучения концентрации половых гормонов у коров за 45 дней до отела установлено, что содержание эстрадиола в группе животных с послеродовыми эндометритами оказалось в 3,68 раза меньше в сравнении с коровами при нормальном послеродовом периоде. Выявлено, что за 15 дней до родов у животных с последующим задержанием плодных оболочек наблюдалось наибольшее снижение уровня эстрадиола (в 8,78 раза) и прогестерона (в 1,93 раза), при этом содержание данных гормонов в сравнении с животными контрольной группы было достоверно ниже на 81,3 и 31,8% соответственно. При оценке воспроизводительных качеств коров определили, что в группе животных с физиологическим течением послеродового периода оплодотворяемость после 3 осеменений оказалась выше на 21,5 и 44,7%, меньше продолжительность сервис-периода на 49,9 и 72,6 ($p<0,05$) дня, а величина индекса осеменения ниже на 0,9 и 1,5 ($p<0,05$) в сравнении с группами коров, у которых диагностировали задержание плодных оболочек и эндометриты соответственно.

Ключевые слова: коровы, эстрадиол, прогестерон, послеродовой парез, задержание последа, эндометрит, оплодотворяемость, сервис-период

Расстройства репродуктивной функции коров после отела преимущественно обусловлены состоянием гормонально-метаболического, антиоксидантного и иммунного статуса во время беременности [1]. Эти факторы в совокупности с внешними неблагоприятными воздействиями вызывают в половой системе самок расстройства в виде понижения регенеративной, гормональной, секреторной и моторной функций, что влечет за собой бесплодие животных и их выбраковку [2].

Исследованиями было доказано, что состояние иммунной системы после отела оказывает значительное воздействие на восприимчивость матки к инфекциям, которая усиливается при возрастании концентрации прогестерона и уменьшении выработки простагландина F2α [3, 4]. Следовательно, иммунная функция матки восстанавливается под действием эстрогенов, если простагландина F2α вырабатывается в достаточном количестве, он может усилить защитный механизм матки, компенсируя иммуноподавляющее действие прогестерона [5].

В связи с этим **целью** наших исследований явилось изучение гормональных показателей сыворотки крови у коров в сухостойном периоде с последующей оценкой состояния их репродуктивной функции после отела.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в лаборатории ветеринарии отдела Алтайского научно-исследовательского института животноводства и ветеринарии. Производственные испытания осуществлялись в ПЗ «Комсомольское» Павловского района Алтайского края. Объектом исследования являлись коровы черно-пестрой породы.

Для изучения гормонального статуса стельных коров были сформированы две группы животных в среднем за 45–50 и 15–20 дней до отела, у которых отбирали кровь из подхвостовой вены в утренние часы до кормления. Определение уровня половых гормонов в сыворотке проводили методом твердофазного иммуноферментного анализа на фотометрическом автоматическом анализаторе Chem Well Combi 2910 (Awareneess Tehnology, США) с использованием наборов реагентов фирм «Алькор-Био» и «Хема».

В зависимости от характера послеродовых осложнений животных распределили на группы: контрольную (29 голов), сформированную из коров с физиологическим течением послеродового периода, а также три опытные — с эндометритом после самопроизвольного отделения последа (19 голов), с задержанием последа (13 голов) и послеродовым парезом (10 голов). С целью определения течения родов и родовых осложнений использовали статистические данные журнала для регистрации больных животных (форма № 1-вет.). Характер инволюции матки и послеотельные патологии определяли по клиническим признакам, а также при помощи портативного УЗИ сканера iScan с встроенным электронным линейным ректальным датчиком 7,5 МН на 10 и 21–30 дни после отела. При оценке состояния репродуктивной функции коров после отела учитывали следующие показатели: сроки первого осеменения после отела (индеференс-период), сервис-период, индекс осеменения, оплодотворяемость от 3 осеменений и за 90 дней после отела.

Математическая и биометрическая обработка полученных данных проведена при помощи программы Microsoft Exel 2007, степень достоверности «Р» устанавливалась по распределению Стьюдента.

Результаты исследований. Исследование гормонального статуса показало, что за 45 дней до отела у коров с последующим нормальным течением послеродового периода и у животных, предрасположенных к послеродовым осложнениям, концентрация прогестерона была практически одинакова. При этом уровень эстрадиола в группе животных с послеродовыми эндометритами оказался в 3,68 раза меньше, а при задержании последа — в 1,16 раза, у коров с возникшим после отела парезом установлена более высокая его концентрации на 45,7% в сравнении с коровами при нормальном послеродовом периоде.

В результате изучения содержания половых гормонов за 15 дней до отела выявлено, что прогестерон во всех группах в среднем уменьшился в 1,72 раза, при этом у животных, предрасположенных к послеродовым осложнениям, его уровень оказался более низким, особенно в группе коров с задержанием плодных оболочек, где отмечалась достоверная разница на 31,8,% ($p<0,05$) в сравнении с контрольной группой коров.

На заключительном этапе беременности наблюдалось снижение уровня эстрадиола: наибольшее, в 8,78 раза, у коров с последующим задержанием последа, в связи с чем концентрация данного гормона оказалась достоверно ниже на 81,3% ($p<0,05$) при сравнении с животными контрольной группы. У коров с возникшими после отела эндометритами и парезом установлено менее резкое снижение эстрадиола в 1,32 и 1,74 раза соответственно, при этом отмечалось превышение его уровня в среднем на 60,4%, чем в группе животных с физиологическим течением родов и послеродового периода (табл. 1).

Таблица 1

Содержание половых гормонов у коров в сухостойном периоде при нормальном и осложненном течении послеродового периода

Показатель	Кол-во дней до отела	Характер течения родов и послеродового периода			
		норма	задержание последа	эндометрит	послеродовой парез
Эстрадиол, нмоль/л	45	0,92±0,37	0,79±0,30	0,25±0,18	1,34±0,56
	15	0,48±0,17	0,09±0,05*	0,19±0,10	0,77±0,35
Прогестерон, нмоль/л	45	71,4±5,8	61,4±9,9	73,5±7,4	70,5±9,3
	15	46.6±6,9	31,8±1,7*	49,4±4,8	36,5±11,9

Примечание: * — $p<0,05$ достоверная разница с контрольной группой.

В послеродовой период по причине тяжелых осложнений было выбраковано 15 голов. При оценке репродуктивной функции животных определили, что в группе с нормальным отелом длительность индеферен-периода была больше на 1 день, чем в группе коров, где диагностировали эндометриты, и меньше на 15,3 дня, чем у животных с задержанием плодных оболочек, при этом оплодотворяемость после 3 осеменений оказалась выше на 21,5 и 44,7%, а в течение 90 дней плодотворно было осеменено на 35,4 и 20,7% голов больше соответственно. Продолжительность сервис-периода в контрольной группе оказалась меньше на 49,9 и 72,6 ($p<0,05$) дня, а величина индекса осеменения ниже на 0,9 и 1,5 ($p<0,05$) в сравнении с животными при осложненном течении родов и послеродового периода (табл. 2).

Таблица 2

Оценка воспроизводительной функции коров при различном течении послеродового периода

Показатель	Ед. измерения	Характер течения родов и послеродового периода		
		норма (n=27)	задержание последа (n=10)	эндометрит (n=19)
Индеферен-период	Дней	53,3±3,4	68,6±14,3	52,3±5,9
Оплодотворяемость в течение 90 дней после отела	Гол.	11	2	1
	%	40,7	20	5,3
Оплодотворяемость от 3-х осеменений	Гол.	22	6	7
	%	81,5	60	36,8
Сервис-период	Дней	111,3±8,5	161,2±22,6	183,9±11,7*
Индекс осеменения		2,7±0,3	3,3±0,8	4,2±0,4*

Примечание: * — $p<0,05$ достоверная разница с контрольной группой.

Заключение. Анализ гормонального фона стельных коров показал, что у животных, предрасположенных после отела к осложнениям, а также при нормальном течении послеродового периода концентрация половых гормонов (прогестерон, эстрадиол-17β) снижалась, оставаясь на более высоком уровне в контрольной группе. Таким образом, гормональные показатели отчетливо изменяются в среднем за 15 дней до отела, при этом у коров, предрасположенных к патологии (задержание последа, эндометрит), отмечается более низкое содержание эстрадиола и прогестерона. Это, вероятнее всего, обусловлено нарушением процессов синтеза и метаболизма гормонов в этот период, что впоследствии влечет за собой более длительное течение инволюции матки, снижение оплодотворяемости и удлинение сервис-периода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нежданов А.Г., Сафонов В.А., Филин В.В. и др. Современная концепция развития патологии беременности и послеродового периода у коров и основные принципы ее профилактики и терапии // Актуальные проблемы современной ветеринарии : матер. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию вет. науки Кубани. — Краснодар, 2011. — С. 200–202.

2. Насибов Ф.Н. Биологические основы разработки биотехнических методов интенсификации репродуктивной функции молочных коров : автореф. дис. … докт. биолог. наук: 03.00.13. — Троицк, 2008. — 38 с.

3. Пташинская М. Краткое руководство по репродукции животных — 10-е изд., испр. и доп., 2009 г. / пер. Н.Ю. Давыдова, 2012 г. — 176 с.

4. LeBlanc SJ. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: A review // Vet. J., 2008. — № 176. — P. 102–114.

5. Ивашкевич О.П. Зависимость родовой и послеродовой патологии у коров от состояния обмена веществ и уровня гормонов в крови в период сухостоя // Уч. записки Витебской ордена «Знак почета» гос. академии вет. медицины. — Витебск, 2015. — Т. 51. — Вып. 2. — Ч. 1. — С. 39–43.

УДК 636.2:591.26

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОФИЛАКТИКИ АКУШЕРСКО-ГИНЕКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЕЗНЕЙ У КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЭКСТРАКТА ПОЛИСАХАРИДОВ

Н. Ю. Беляева

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

В данной статье представлены результаты применения кормовой добавки «Экстракт полисахаридный подсолнечный» коровам с 20-го дня до отела и в течение 60 дней послеродового периода, в дозе 200 мл первой опытной группе и в дозе 400 мл — второй опытной группе животных, 1 раз в сутки. При оценке эффективности профилактики акушерско-гинекологических патологий в опытных группах коров было выявлено на 10 и 20% меньше родовых и послеродовых осложнений, в среднем на 15% сокращение индеференс-периода и в 2 раза меньше выбывших животных по причине тяжелых родов и бесплодия в сравнении с контрольной группой.

Ключевые слова: коровы, кормовая добавка, задержание последа, эндометрит, послеродовой парез, бесплодие

Проблема воспроизводства и профилактики бесплодия у высокопродуктивных коров в условиях современных промышленных технологий содержания и эксплуатации, несмотря на имеющиеся значительные достижения в вопросах репродуктивной физиологии, распространена повсеместно и является одной из главных, стоящих перед работниками животноводства и учеными [1]. При эндометритах снижается потребление кормов, создается более ярко выраженный отрицательный энергетический баланс и имеет место пониженная иммунная активность, эти явления начинают проявляться уже за две недели до отела [2]. Применение различных кормовых добавок, содержащих сахара, витамины, макро-, микроэлементы, в транзитный и послеродовой периоды позволяет сохранить на оптимальном уровне состояние обменных процессов, избежать потери веса, молочной продуктивности и преждевременной выбраковки коров после отела [3].

Поэтому **целью** наших исследований явилось изучение эффективности применения кормовой добавки на основе подсолнечникового шрота при профилактике акушерско-гинекологических болезней коров.

Материалы и методы исследований. Научно-хозяйственный опыт проводили на базе ПЗ «Комсомольское» (п. Комсомольское Павловского района Алтайского края). Объектом исследований являлись коровы приобского типа черно-пестрой породы 2–5-й лактации.

Кормовая добавка «Экстракт полисахаридный подсолнечный» была произведена на Азовском заводе кузнечно-прессовых автоматов (г. Азов), имела следующий физико-химический состав (%): вода — 34,6, сухое вещество — 65,4, сырой протеин — 14,1, БЭВ — 38,2, сырая зола — 13,1; макроэлементы (г/кг): кальций — 2,4, фосфор — 6,5, магний — 1,6, калий — 27,4, сера — 2,5, хлор — 0,05; микроэлементы (мг/кг): железо — 0,6; медь — 8,6; цинк — 13,2; марганец — 11,5 и питательность (в 1 кг корма, г): кормовых единиц — 1,02, переваримого протеина — 167, сахара — 145,8, крахмала — 9,7; обменной энергии (ОЭ) — 10,19 МДж/кг.

Чтобы оценить влияние разных дозировок экстракта полисахаридов на возникновение акушерско-гинекологических патологий, методом пар-аналогов были отобраны одна контрольная и две опытные группы животных, по 10 голов в каждой, которым задавали добавку во время кормления, поливая сверху на основной корм. Коровы первой опытной группы получали 200 мл экстракта 1 раз в сутки, во второй опытной группе скармливали 400 мл добавки, соответственно животные контрольной группы получали основной хозяйственный рацион. Применение кормовой добавки начинали в среднем за 20 дней до отела и продолжали в течение 60 дней послеродового периода.

Для изучения эффективности профилактики родовых и послеродовых патологий коров визуально оценивали клиническое состояние животных после отела, консистенцию и количество влагалищ-

ных выделений. К диагностируемым акушерско-гинекологическим болезням относили: выпадение матки, задержание последа, послеродовой парез, эндометрит, субинволюцию матки, также учитывали количество дней до первого осеменения (индеферен-период).

Результаты исследований. Анализ химического состава кормовой добавки показал, что по физико-химическим показателям (за исключением каротина и сахара) она является близким аналогом травяной муки 1 класса, однако по питательной ценности значительно превосходит травяную муку и приближается по этому показателю к зерну ячменя. Из минеральных веществ в экстракте полисахаридов содержатся цинк и марганец, которые, согласно литературным данным, оказывают положительное влияние на состояние репродуктивной функции коров [4].

В результате исследований выявили, что у коров в первой опытной группе, которым задавали кормовую добавку в количестве 200 мл на голову, отмечалось 40% послеродовых патологий, из них у 3 голов наблюдалось задержание последа, у 1 коровы — послеродовой парез, которая выбыла, затем еще по причине бесплодия была выбракована 1 корова. Во второй опытной группе, где животным добавку скармливали в количестве 400 мл на голову, осложнения встречались у 30% коров, из них отмечалось в единичных случаях задержание последа, выпадение матки, а также тяжелые роды с сильными разрывами и последующей субинволюцией матки, из них 2 головы выбраковали, что представлено в таблице.

Эффективность профилактики акушерско-гинекологических патологий коров

Показатель		Группа (n=10)		
		контрольная	опытная 1	опытная 2
Количество родовых и послеродовых осложнений	голов	5	4	3
	%	50	40	30
Патологические роды	голов	3	1	2
Задержание последа	голов	1	3	1
Субинволюция матки, эндометрит	голов	1	—	1
Количество выбывших животных	голов	4	2	2
	%	40	20	20
Индеферен-период	дней	54,2±5,7	44,3±2,2	46,4±4,4

Из таблицы видно, что в контрольной группе по причине патологий родового и послеродового периода выбыло 4 головы (40%), у 1 коровы наблюдались тяжелые роды и эндометрит, общее количество послеродовых осложнений было больше на 10 и 20% в сравнении с животными первой и второй опытных групп. Следует подчеркнуть, что у контрольных животных в среднем по группе продолжительность периода до первого осеменения оказалась больше на 7,7 и 9,9 дня, чем в первой и второй опытных группах коров, соответственно.

Выводы. Таким образом, можно отметить, что введение в рацион кормовой добавки «Экстракт полисахаридный подсолнечный» за 20 дней до отела и в течение 60 дней послеродового периода послужило сокращению в среднем на 15% числа акушерско-гинекологических болезней у коров и продолжительности индеферен-периода в опытных группах, а также уменьшению в 2 раза числа выбывших животных по причине осложненных родов и бесплодия в сравнении с контролем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тяпугин Е.А. Теория и практика интенсификации репродуктивной активности в молочном скотоводстве. — Вологда, 2008. — 451с.

2. Ельчанинов В.В., Чомаев А.М., Насибов Ш.Н. и др. Проблемы физиологии репродуктивной функции. Этиопатогенез нарушений репродуктивной функции у коров и телок и методы их коррекции. — Дубровицы, 2003. — Ч. 2. — 182 с.

3. Аренс Ф., Остерхоф Ф. Оптимальное кормление в «транзитный период» // Новое сельское хозяйство, 2007. — № 2. — С. 80–84.

4. Кузнецов С., Кузнецов А. Роль витаминов и минеральных элементов в регуляции воспроизводительной функции коров // Молочное и мясное скотоводство, 2010. — № 5. — С. 32–34.

УДК 636.2:636.087.7

ПРОФИЛАКТИКА И УСТРАНЕНИЕ МИКОТОКСИКОЗОВ У КОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОРМОВЫХ АДСОРБЕНТОВ

А. Н. Бетин, А. И. Фролов, О. Б. Филиппова

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия

Приведены результаты научно-производственного опыта по сравнительному испытанию кормовых добавок-адсорбентов микотоксинов в рационе коров. Установлено, что применение адсорбентов Новазил, Микосорб, Элитокс и Микофикс способствовало увеличению среднесуточного удоя на 0,4…1,2 кг, повышению массовой доли жира и белка в молоке на 0,01…0,02 абс.%. Уровень глюкозы в крови коров опытных групп не выходил за пределы нормы, варьируя от 3,40 до 3,60 ммоль/л. Уровень афлотоксина M_1 в молоке коров всех групп был ниже предельно допустимого уровня, содержание кальция и фосфора было в пределах нормы и составляло соответственно 2,93…3,10 и 1,30…1,45 ммоль/л. Среди исследованных кормовых добавок наибольшую эффективность показал Новазил в дозе 20 г на голову в сутки. Его применение способствовало повышению продуктивности животных и улучшению качества получаемого молока.

Ключевые слова: адсорбенты, продуктивность, качественные показатели молока, биохимия крови, экономика

Микотоксины — это токсичные вещества, вырабатываемые некоторыми видами плесневых грибов. Плесневые грибы паразитируют на многих видах продовольственной продукции, таких как злаки, сухофрукты, орехи и специи. Появление плесени может иметь место как до уборки урожая, так и после нее, на этапе хранения в условиях благоприятной температуры и высокой влажности. В мировой науке и практике в последнее время уделяют особое внимание загрязнению кормов микотоксинами. В настоящее время применяются доступные как с экономической, так и с практической точки зрения методы определения их содержания в кормах и других биологических объектах. Поэтому появилось больше информации о самих токсинах и способах их устранения [2, 11].

Проблема микотоксикозов актуальна для многих животноводческих хозяйств. Основная опасность заключается в том, что отравление может проходить в скрытой форме и проявляться у животных в виде снижения продуктивности и повышения уровня заболеваемости. При этом микотоксины негативно влияют и на здоровье человека через продукты питания — мясо, молоко, яйца [1, 7].

Большинство микотоксинов отличаются химической стабильностью и не разрушаются в процессе термической обработки. Наиболее распространенными и представляющими угрозу для здоровья человека и скота являются афлатоксины, охратоксин А, патулин, фумонизины, зеараленон и дезоксиниваленол (ДОН). По оценкам специалистов, не менее 25% зерновых в мире поражено микотоксинами. Например, в 2007 г. в Российской Федерации из 149 024 исследованных проб зерна 339 не соответствовали требованиям безопасности кормов по содержанию микотоксинов [4]. Известно, что в початках кукурузы при самосогревании в 30–57% случаев содержатся афлатоксины, которые вырабатывают грибы *Aspergillus flavus*, а также могут накапливаться зеараленон, охратоксин А и фумонизины [5].

К сожалению, на практике сложно избежать попадания микотоксинов в корма. Для нейтрализации патогенов в рационах животных используют кормовые добавки-сорбенты [3, 8–10]. Так, комплексный препарат «Заслон», введенный в рацион высокопродуктивных коров, способствовал снижению количества соматических клеток в молоке, повышению его качественных показателей (жира, белка) и молочной продуктивности [7].

Цель работы заключалась в сравнительном изучении влияния кормовых адсорбентов Новазил, Микосорб, Элитокс и Микофикс на физиологический статус лактирующих коров, их молочную продуктивность и качество получаемого молока.

Материалы и методы. Исследования проводили в условиях СХПК «Вирятинский» Тамбовской области на коровах симментальской породы, из которых сформировали шесть групп по 20 голов в каждой. Животные первой (контрольной) группы получали основной рацион (ОР) без дополнительных добавок; второй — ОР + кормовую добавку Новазил по 20 г на 1 голову в сутки; третьей — ОР + Новазил по 40 г на 1 голову в сутки; четвертой — ОР + Микосорб по 20 г на 1 голову в сутки; пятой — ОР + Элитокс по 20 г на 1 голову в сутки; шестой — ОР + Микофикс по 20 г на 1 голову в сутки.

Основной рацион состоял из сена бобово-злакового (5,0 кг), сенажа (8,0 кг), силоса кукурузного (25 кг), комбикорма (5 кг), патоки (1,0 кг), соли (120 г), монокальцийфосфата (100 г), премикса П-60–3 (70 г), при этом содержал 20,5 ЭКЕ, 205 ОЭ МДж, 20,7 кг сухого вещества, 2770 г сырого протеина и 1854 г переваримого протеина.

Новазил — кормовая добавка для адсорбции микотоксинов в кормах сельскохозяйственных животных, в том числе птиц. В ее состав входит гидратированный алюмосиликат кальция и натрия (бентонит кальция — 97%, оксид кремния — 3%). Сорбционная емкость по афлатоксину B_1 достигает 91%, по охратоксину А — 83% и дезоксиниваленолу — 87%. ***Микосорб*** (органический адсорбент микотоксинов) содержит инактивированные дрожжевые клетки *Saccaharomyces cerevisiae* (60%), бентонит-монтмориллонит (10%), кукурузный глютен (25%), высушенные водоросли *Chlorella vulgaris* (5%). Сорбционная емкость по афлатоксину B_1 составляет 97%, зеараленону — 87%, охратоксину А — 69%, дезоксиниваленолу — 59 и Т-2 токсину — 50%.

Элитокс — комплексный элиминатор микотоксинов. В качестве действующих веществ содержит натрий-гидрокальций-алюмосиликат (97%), фермент эндо-1,4-бета-ксиланазу, выделенный из штамма-продуцента *Trichoderma longibrachiatu* (50 Ед/г), витамин С (0,02%) и натуральный экстракт куркумина (2,0%). Сорбционная емкость по афлатоксину B_1 — 95%, охратоксину — 91%, зеараленону — 82% и дезоксиниваленолу — 73%.

Микофикс — комплексная кормовая добавка — содержит бентонит (46%), диатомовую землю (15%), инактивированные дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* (25%), *Trichosporon mycotoxinivorans* (5%), водоросль *Ascophyllum nodosum* (5%), экстракт расторопши (4%). Сорбционная емкость по афлатоксину B_1 составляет 96%, охратоксину А — 100%, зеараленону — 100% и Т-2 токсину— 95%.

Все адсорбенты для каждой опытной группы вводили в корма путем ступенчатого равномерного перемешивания: в 10, 100 и 1000 кг комбикорма. При этом корма (сено, сенаж, силос, ячмень, овес, кукурузу и горох) предварительно исследовали на содержание микотоксинов (афлатоксина B_1, охратоксина А, Т-2-токсина, дезоксиниваленола (ДОН) и зеараленона) по общепринятым методам. Пробы для анализа отбирали из разных мест массы заготовленных кормов в начале весны 2020 г. через 7–8 месяцев их хранения.

Результаты исследований. В сене, сенаже и силосе следов каких-либо микотоксинов не обнаружили. В фуражном зерне ячменя и гороха, предназначенном для изготовления комбикорма, содержание микотоксинов было на уровне МДУ: афлатоксин B_1–0,01 мг/кг, охратоксин А — 0,004 мг/кг, Т-2-токсин — 0,1 мг/кг, ДОН — 1,5 мг/кг и зеараленон — 1,0 мг/кг. В овсе количество зеараленона превышало предельно допустимую норму на 0,01 мг/кг, а афлатоксина B_1 в кукурузе — на 0,006 мг/кг. При попадании афлатоксина B_1 с кормом дойным коровам в их молоке может присутствовать его метаболит, имеющий название M_1 [6].

Показатели продуктивности и качественный состав молока подопытных животных представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Среднесуточный удой молока лактирующих коров за опыт (n = 20)

Группа	Количество животных, гол.	Среднесуточный удой, кг	% к контролю
Первая (контрольная)	20	20,5±0,23	100,0
Вторая	20	21,6±0,25	105,56
Третья	20	21,7±2,40	105,85
Четвертая	20	21,3±0,25	103,90
Пятая	20	20,9±0,38	101,95
Шестая	20	21,2±0,27	103,41

У коров опытных групп в результате 30-дневного скармливания адсорбентов суточный удой молока увеличился на 0,4…1,2 кг, или на 1,9…5,8% по отношению к животным контрольной группы. Максимальное значение данного показателя отмечено в третьей группе и составляло 1,2 кг (5,8%), во второй — 1,1 кг (5,6%), четвертой — 0,8 кг (3,9%), пятой — 0,4 кг (1,9%) и шестой — 0,7 кг (3,4%).

Таблица 2

Качественный состав молока коров (n = 20)

Группа	Жир,%	Белок,%	Соматические клетки, $\times 10^5$/см^3
Первая	3,95±2,89	3,22±0,01	1,37±0,07
Вторая	3,96±0,08	3,23±0,02	1,27±0,08
Третья	3,97±0,02	3,23±0,01	1,26±0,09
Четвертая	3,96±0,02	3,22±0,00	1,27±0,03
Пятая	3,96±0,08	3,23±0,15	1,28±0,05
Шестая	3,96±0,02	3,22±0,01	1,28±0,03

Содержание жира в молоке коров опытных групп увеличилось на 0,01–0,02 абс.%, а уровень белка — во второй, третьей и пятой группах — на 0,01 абс.%. Содержание соматических клеток в молоке коров всех групп находилось в пределах нормативных значений и соответствовало высшему сорту. В то же время в молоке животных второй группы их количество уменьшилось на 7,9%, третьей — на 8,2%, четвертой — на 7,4%, пятой — на 7,0%, шестой — на 6,5% по отношению к показателю в первой (контрольной) группе.

В молоке коров второй группы содержание витамина А увеличилось на 0,08 мг/кг и третьей — на 0,02 мг/кг, а витамина B_2 — соответственно на 0,010 и 0,011 мг/кг (табл. 3). Кроме того, особи второй группы превосходили контрольных животных по содержанию в молоке кальция и фосфора. Уровень афлотоксина M_1 в молоке коров всех групп был ниже предельно допустимого уровня (<0,02 мкг/кг).

Таблица 3

Содержание в молоке витаминов А, B_2, кальция, фосфора и афлатоксина M_1(n = 20)

Группа	Витамин А, мг/кг	Витамин B_2, мг/кг	Кальций, мг/кг	Фосфор, мг/кг	Афлатоксин M_1, мкг/кг
Первая	0,23±0,03	0,240±0,03	1134±39,9	1021±46,4	<0,02
Вторая	0,31±0,15	0,250±0,04	1202±133,0	1045±55,9	<0,02
Третья	0,25±0,05	0,251±0,01	1033±95,9	871±37,5	<0,02
Четвертая	0,23±0,02	0,243±0,01	939±12,0	865±23,7	<0,02
Пятая	0,23±0,03	0,244±0,02	1044±55,3	875±47,5	<0,02
Шестая	0,23±0,01	0,247±0,01	1099±77,9	915±22,9	<0,02

Биохимические параметры крови являются индикатором уровня и интенсивности обменных процессов в организме животных, а также отражают степень их адаптации к воздействию различных сорбентов, используемых при кормлении. Количество общего белка, мочевины и креатинина в крови коров всех групп соответствовало физиологической норме (табл. 4).

Таблица 4

Биохимические показатели крови коров (n = 3)

Показатель	Группа					
	первая	вторая	третья	четвертая	пятая	шестая
Общий белок, г/л	74,0±2,9	77,0±2,2	74,7±7,7	75,3±5,3	71,5±0,9	74,3±0,9
Мочевина, ммоль/л	0,93±0,18	1,27±0,14	1,29±0,72	1,23±0,13	1,30±0,09	1,20±0,30
Глюкоза, ммоль/л	3,27±0,07	3,43±0,09	3,60±0,15	3,53±0,07	3,40±0,35	3,57±0,09
Креатинин, ммоль/л	12,07±14,9	120,0±13,7	119,1±3,3	121,0±10,5	109,0±5,1	122,1±14,9
АлАТ, Ед/л	33,6±0,4	31,3±2,9	31,6±1,0	32,7±2,1	31,7±1,2	32,0±1,5
АсАТ, Ед/л	95,7±7,3	85,3±8,1	86,0±5,7	89,7±6,1	86,4±3,2	89,3±5,2
Кальций, ммоль/л	2,93±0,44	3,00±0,40	3,10±0,09	3,10±0,01	3,10±0,06	3,00±0,03
Фосфор, ммоль/л	1,30±0,03	1,42±0,12	1,45±0,23	1,40±0,02	1,41±0,17	1,43±0,13
Натрий, ммоль/л	144,7±2,9	148,7±0,9	146,7±0,7	146,0±3,2	144,0±2,0	143,3±1,4
Калий, ммоль/л	4,79±0,14	4,97±0,08	4,93±0,03	4,92±0,01	4,82±0,21	4,85±0,04
Хлориды, ммоль/л	106,2±5,1	106,3±3,2	96,2±3,1	107,9±1,4	103,5±4,4	108,4±1,3
Магний, ммоль/л	1,05±0,06	1,09±0,07	1,18±0,05	1,19±0,03	1,12±0,04	1,12±0,02
Железо, ммоль/л	25,2±6,6	32,3±1,8	31,7±4,6	35,3±2,1	28,8±3,2	31,9±4,0

Глюкоза — источник энергии для многих жизненно важных физиологических процессов, происходящих в организме лактирующих коров. Снижение этого показателя отмечают при недостаточном уровне энергетического питания, дефиците легкоусвояемых углеводов в рационе, нарушении обмена веществ и ацетонемии. Уровень глюкозы в крови коров опытных групп не выходил за пределы нормы, варьируя от 3,40 до 3,60 ммоль/л.

Для диагностики направленности и интенсивности обмена веществ в организме лактирующих коров используют показатели активности ферментов. У животных опытных групп активность АлАТ в сыворотке крови снизилось на 0,9…3,3 Ед/л по сравнению с аналогичным показателем в контрольной группе, а активность АсАТ — на 6,0…9,7 Ед/л соответственно. Анализ минерального обмена показал, что в крови коров всех групп содержание кальция и фосфора было в пределах нормы и составляло 2,93…3,10 и 1,30…1,45 ммоль/л соответственно. Количество других минералов (натрий, калий, хлориды, магний, железо) не выходили за физиологические параметры стандартных значений.

Показатели экономической эффективности экологически безопасных адсорбентов, применяемых лактирующим коровам, представлены в таблице 5.

Таблица 5

Экономическая эффективность адсорбентов микотоксинов (в расчете на одну голову в сутки)

Показатель	Группа					
	первая	вторая	третья	четвертая	пятая	шестая
Среднесуточный удой, кг	20,5	21,6	21,7	21,3	20,9	21,2
Количество израсходованного препарата, г	—	20	40	20	20	20
Стоимость 1 кг препарата, руб.	—	160	160	440	340	880
Стоимость израсходованного препарата, руб.	—	3,2	6,4	8,8	6,8	17,6
Сумма от реализации дополнительного молока, руб.	—	33,0	36,0	24,0	12,0	21,0
Доход от реализации молока за вычетом затрат на препарат от 1 головы, руб.	—	+29,8	+29,6	+15,2	+5,2	+3,4

Экономические расчеты свидетельствуют об эффективности и целесообразности использования адсорбентов в кормлении коров. Так, в эксперименте при цене реализации 30 руб. за 1 кг молока продуктивность коров по группам увеличилась соответственно на 1,1; 1,2; 0,8; 0,4 и 0,7 кг, при этом ежедневная прибыль от одной головы составила 29,8; 29,6; 15,2; 5,2 и 3,4 рубля за вычетом стоимости препаратов.

Вывод. По результатам эксперимента из всех исследованных кормовых добавок наибольшую эффективность показал Новазил в дозе 20 г на голову в сутки. Его применение способствовало повышению продуктивности животных и улучшению качества получаемого молока. Данный препарат целесообразно использовать для адсорбции микотоксинов в кормовых компонентах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов В. А. Воздействие сочетанных микотоксинов на организм крупного рогатого скота // Ветеринария и кормление, 2016. — № 2. — С. 42–43.

2. Зенер Ф. Препарат для дезактивизации микотоксинов // Комбикорма, 2006. — № 8. — С. 91.

3. Исупова М. В. Резервы повышения молочной продуктивности // Молочное и мясное скотоводство, 2020. — № 3. — С. 39–40.

4. Калмаков М., Белоусов В., Иванова Г. Токсины — причины отравления животных, птицы, рыб // Комбикорма, 2009. — № 6. — С. 66–67.

5. Мачихина Л., Алексеева Л., Львова Л. Составляющие системы хранения зерна // Комбикорма, 2006. — № 7. — С. 55.

6. Попова С. А., Скопцова Т. И., Лосякова Е. В. Микотоксины в кормах: причины, последствия, профилактика // Известия Великолукской ГСХА, 2017. — № 1. — С. 16–23.

7. Соколова О. Н., Солдатова В. В., Новикова Н. И. Высокое содержание соматических клеток в молоке? Поможет «Заслон» // Молочное и мясное скотоводство, 2017. — № 2. — С. 37–39.

8. Филиппова О. Б., Зазуля А. Н., Фролов А. И., Вигдорович В. И. Природный сорбент в кормах для телят // Наука в центральной России, 2017. — № 1. — С. 63–68.

9. Фролов А. И., Филиппова О. Б., Пучнин А. М., Бобер А. А. Бондарский иммуносорб в рационах молодняка крупного рогатого скота // Вестник Тамбовского ун-та. Серия: Естественные и технические науки, 2011. — Вып. 2. — Т. 16. — С. 686–689.

10. Хинрих М. Надежное связывание микотоксинов // Комбикорма, 2018. — № 6. — С. 64–66.

11. Чернышев Н. И., Панин И. Г., Шумский Н. И., Гречишников В. В. Антипитательные факторы кормов. Справочная книга. — Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2013. — 206 с.

УДК 637.11

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК КОРОВАМ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА

А. М. Булгаков[1], Д. А. Булгакова[2]

[1] ООО «Мустанг-Сибирь» г. Барнаул, Россия

[2] Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В настоящее время недостаточно полно изучено, какие формы кормовых добавок дают максимально положительный эффект для повышения питательной ценности и технологических свойств молока. В связи с этим проведен опыт на групп-аналогах по 90 коров. Животных I (контрольной)

группы кормили комбикормом-концентратом с включением в его состав защищенного жира: мегалака — 3,1%, буферного вещества: соды пищевой — 1,4%, стимулятора усвоения белков: Фарматана ТМ — 0,57%, минерально-витаминного премикса: Риндавит 51 ATG RV — 3,6%. Другим животным II опытной группы включали защищенный жир: нутракор — 3,0%, буферное вещество: РуменБуффер — 0,9%, белково-минерально-витаминный концентрат: Кауфит 5 плюс — 3,75%, минерально-витаминный премикс: Кауфит Иммуно Фертил — 0,75%. Во II опытной группе в составе молока увеличилось содержание лактозы на 20%, жира на 15%, казеина на 25%, кальция на 33%, фосфора на 53%, меди на 45%, цинка на 89%, витамина А на 67%, витамина Е на 30%, что указывает на повышение питательной ценности молока.

Ключевые слова: дойные коровы, кормление, индивидуальный премикс, микроэлементы, витамины, кальций, фосфор, магний, железо, медь, цинк

Введение. Известно, что при восполнении питательных веществ животные в полной мере реализуют свой генетический потенциал продуктивности. Чем точнее сбалансирован рацион, тем выше питательная ценность и технологические свойства молока, которые зависят от термоустойчивости и сычужной свертываемости [1]. На снижение этих показателей может влиять повышение соматических клеток в молоке [2, 3].

Практическое разрешение таких проблем при сбалансировании рационов возможно путем подбора сочетаний кормовых добавок требуемого состава. Так, для восполнения дефицита энергии используют «защищенные жиры». Представляют научный интерес следующие формы — это «нутракор» и «мегалак», содержащие от 24 до 27 МДж чистой энергии лактации, при скармливании которых они легко перевариваются.

Существует достаточно много технологий получения белкового сырья для приготовления комбикормов в виде шротов, концентрирования крови, вытяжек из вегетативной массы бобовых растений [4, 5]. Другой комбинированный продукт с высоким содержанием транзитного белка — белково-витаминно-минеральный концентрат Кауфит 5 плюс, содержащий в своем составе шрот, белковые концентраты, набор аминокислот и витаминно-минеральные смеси. Имеет актуальное значение изучение действия добавки Фарматан ТМ, ингибирующей уреазу рубца, повышая тем самым уровень белка в организме жвачных животных.

В связи с тем что у высокопродуктивных животных более напряженный минеральный обмен, актуальное значение имеет использование высокотехнологичных премиксов (Кауфит Иммуно Фертил, Риндавит 51 ATG RV), включающих в себя минералы в легко усваиваемой форме «хелатов», которые напрямую оказывают влияние на качественный состав молока и молочной продукции. Для предотвращения субклинических ацидозов [6–8] из-за большого количества ввода концентратов разработана буферная добавка пролонгированного действия для коров РуменБуффер, которая оптимизирует pH рубца и нормализует руминацию. Исходя из вышеизложенного, видно, что изучение оптимального варианта применения кормовых добавок высокопродуктивным коровам для повышения питательной ценности и технологических свойств молока вполне актуально.

Цель исследования. Установить питательную ценность и технологические свойства молока при использовании высокоэнергетических, белковых и минерально-витаминных добавок высокопродуктивным коровам.

Задачи исследования. Изучить питательную ценность и технологические свойства молока при использовании различных кормовых добавок высокопродуктивным коровам; дать анализ эффективности использования кормовых добавок.

Объекты и методы исследований. Опыт был проведен в сельскохозяйственном предприятии «Колхоз им. Калинина», расположенном в Бийском районе, на коровах черно-пестрой породы на группах раздоя по 90 голов в каждой. I (контрольная) находилась на рационе кормления сбалансированным комбикормом-концентратом с включением в его состав защищенного жира: мегалака — 3,1%, буферного вещества: соды пищевой — 1,4%, стимулятора усвоения белка: Фарматан ТМ — 0,57%, минерально-витаминного премикса: Риндавит 51 ATG RV — 3,6%. II опытная находилась на рационе кормления сбалансированным комбикормом-концентратом с включением в его со-

став защищенного жира: нутракор — 3,0%, буферного вещества: РуменБуффер — 0,9%, белково-витаминно-минерального концентрата: Кауфит 5 плюс — 3,75%, минерально-витаминного премикса: Кауфит Иммуно Фертил — 0,75%.

Состав молока, крови определяли по общепринятым традиционным методикам. Биометрическая обработка включала в себя показатели: среднее арифметическое, ошибка и критерий достоверности.

Результаты исследований. В состав комбикормов-концентратов, произведенных по разным технологиям с подбором сырьевых компонентов, были введены кормовые добавки (табл. 1).

Комбикорм-концентрат, используемый в рационе II группы, по своему составу превышал контрольные аналоги по энергетической ценности на 9,8%, по уровню протеина на 7,7%, переваримому и расщепляемому протеину на 8,2%, нерасщепляемому (транзитному) протеину на 5,2%, лизину на 8,8%, метионину (+ цистину) на 10,5%, магнию на 61,5%, витамину Д на 12,9%.

Таблица 1

Состав комбикорма-концентрата для коров в период раздоя

Компонент	I (контрольная)	II опытная
Горох	8,80	8,58
Ячмень	8,80	8,58
Овес	36,23	35,94
Жмых из рапса	37,50	38,50
Мегалак	3,10	—
Нутракор	—	3,00
Сода пищевая	1,40	—
РуменБуффер	—	0,9
Риндавит 51 ATG RV	3,60	—
Кауфит 5 плюс	—	3,75
Фарматан ТМ	0,57	—
Кауфит Иммуно Фертил	—	0,75
Итого	100,00	100,00
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	19,69	16,17
Состав 1 кг комбикорма		
ОЭ, МДж	10,2	11,2
СВ, г	884,1	884,0
СП, г	195,6	210,6
ПП, г	154,1	166,8
РП, г	158,9	172,0
НРП, г	36,7	38,6

Компонент	I (контрольная)	II опытная
Лиз., г	9,1	9,9
Мет.+ Цист., г	3,8	4,2
Трипт., г	2,7	2,9
СК, г	84,6	88,9
Кр., г	201,3	200,2
Сах., г	15,1	15,0
СЖ, г	77,1	76,9
Na, г	6,9	1,7
Ca, г	7,9	5,6
P, г	5,9	5,2
Mg, г	3,9	6,3
K, г	8,1	8,1
S, г	3,1	3,5
Fe, мг	218,9	229,8
Cu, мг	39,9	31,2
Zn, мг	220,9	107,9
Mn, мг	164,9	81,1
Co, мг	1,8	1,0
J, мг	10,9	1,3
Vit. A, тыс. МЕ	27,9	15,2
Vit. D, тыс. МЕ	3,1	3,5
Vit. E, мг	158,1	63,1

На количественные показатели минерально-витаминного состава комбикорма-концентрата повлияла доза ввода минерально-витаминного премикса. Продуктивное действие комбикорма-концентрата зависит не только от количественного состава в нем питательного элемента, но и от биологической доступности микроэлементов и витаминов.

Большое значение для эффективности минерально-витаминного премикса имеет не только количественный состав микроэлементов, но и их качественный состав.

Качественный состав отличается тем, что Кауфит Иммуно Фертил включает в себя набор хелатов микроэлементов, а Риндавит 51 ATG RV эти же элементы содержит в составе солей, и лишь частично по меди на 55%, цинку на 30%, марганцу на 22% заменены на органически-связанные формы. Эффективность усвоения животным организмом микроэлементов в органически-связанной хелатной форме выше. В составе минерально-витаминного премикса Риндавит 51 ATG RV отсутствует витаминная группа В.

При полном удовлетворении физиологической потребности животных в питательных веществах отличительная разница была в рационах между группами в концентрации некоторых макро- и микроэлементов, витаминов.

В сухом веществе рациона коров на раздое (II опытная), где в состав комбикорма включались такие компоненты, как 3% нутракора, 0,9% РуменБуффера, 3,75% Кауфита 5 плюс, 0,75% КауфитаИммуноФертила, концентрация была ниже, чем в контроле, кальция на 23%, фосфора на 6%, цинка на 38%, марганца на 23%, кобальта на 42,%, йода на 69%, витамина А на 7%, витамина Е на 27%.

Несмотря на сниженную концентрацию ряда питательных элементов в сухом веществе рациона II опытной группы, коэффициент полезного действия их был выше, чем в контроле, о чем свидетельствует концентрация их в крови (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация общего белка, минеральных элементов и витаминов в сыворотке крови коров (X±Sx)

Группа	Общ. белок, г/л	Ca, ммоль/л	P, ммоль/л	Mg, ммоль/л	Cu, мкмоль/л	Zn, мкмоль/л	Vit. A, мкг%	Vit. E, мг%
I (контр.)	74,2 ±6,07	2,9 ±0,23	1,7 ±0,15	0,8 ±0,09	14,2 ±1,29	20,8 ±1,86	47,7 ±7,27	0,5 ±0,03
II опытная	84,0 ±2,40*	2,7 ±0,21	2,0 ±0,15	1,0 ±0,05*	18,1 ±1,01*	26,1 ±1,39*	97,5 ±16,56*	1,0 ±0,21*

Примечание: * (P<0,05); ** (P<0,01); *** (P<0,001).

Так, в сыворотке крови (P<0,05) увеличились следующие биохимические показатели: общий белок на 13%, магний на 24%, медь на 27%, цинк на 25%, витамин А на 104%, витамин Е на 119%. Это подтверждает повышение биологической доступности микроэлементов, витаминов и повышение белкового, минерального и витаминного обменов, что оказывает положительное влияние на питательную ценность и химический состав молока (табл. 3, 4).

В составе молока увеличилось содержание лактозы на 20 отн.%, жира на 15 отн.%, при одинаковом количестве белка, улучшилось его качество по содержанию казеина, где его увеличение составило на 25 отн.%.

В составе молока увеличилось содержание лактозы на 20 отн.%, жира на 15 отн.%, при одинаковом количестве белка, улучшилось его качество по содержанию казеина, где его увеличение выросло на 25 отн.%.

Таблица 3

Питательная ценность молока коров на раздое (X±Sx)

Группа	Лактоза, %	Жир, %	NaCL, %	Белок, %	Казеин, %	Сыв. белки, %	Сух. в-во, %	Сом. кл-к., в 1 см³ (×10⁵)
I (контр.)	3,96± 0,298	3,66± 0,244	0,149± 0,0159	3,66± 0,184	2,28± 0,084	1,38± 0,250	11,8± 0,84	4,00± 0,158
II опытная	4,75± 0,324*	4,21± 0,038*	0,095± 0,0127*	3,66± 0,155	2,85± 0,201**	0,81± 0,150*	14,1± 0,19*	1,89± 0,044***

Кроме того, изменился минерально-витаминный состав молока, где произошло увеличение кальция на 33%, фосфора на 53%, меди на 45%, цинка на 89%, витамина А на 67%, витамина Е на 30%. Это отражает повышение питательной ценности по макроэлементам, микроэлементам и витаминам в молоке.

На улучшение технологических свойств молока указывает снижение хлористого натрия на 36 отн.% и числа соматических клеток на 53%, а также достижение оптимального уровня казеина до 2,85% (при норме не менее 2,6%), что, несомненно, говорит об улучшении технологических свойств молока на сыропригодность.

Таблица 4

Минерально-витаминный состав молока у коров на раздое (X±Sx)

Группа	Ca, мг %	P, мг %	Cu, мкг %	Zn, мкг %	Vit. A, мкг %	Vit. E, мкг %
I (контр.)	105,18± 6,746	81,17± 9,573	10,64± 0,946	305,40± 8,746	16,30± 1,636	78,12± 5,221
II опытная	139,78± 4,023***	124,00± 3,618***	15,44± 1,048*	577,40± 19,574***	27,20± 4,110*	101,34± 1,949***

Заключение. Для улучшения технологических свойств молока, обусловленных повышением кальция на 33%, казеина на 25 отн.%, снижением числа соматических клеток в молоке на 53%, хлористого натрия на 36 отн.% и повышения питательной ценности по минеральным веществам и витаминам, включающего в себя как увеличение кальция и фосфора, так и меди на 45%, цинка на 89%, витамина А на 67%, витамина Е на 30%, необходимо использовать комбикорм-концентрат с включением в его состав защищенного жира: нутракор — 3,0%, буферного вещества: РуменБуффер — 0,9%, белково-витаминно-минерального концентрата: Кауфит 5 плюс — 3,75%, минерально-витаминного премикса: Кауфит Иммуно Фертил — 0,75%. В качестве зернового сырья использовать 44–45% злаковый (ячмень, овес, пшеница) и 8–10% бобовый компонент, остальную часть 35–40% довести жмыхом рапсовым.

В связи с увеличением молочной продуктивности затраты на корма и кормовые добавки на произведенный 1 кг молока снижены на 0,96 руб., которые составили 7,58 руб. в расчете на произведенный 1 кг против 8,54 руб., в том числе на кормовые добавки снижены на 1,10 руб. и составили 2,20 руб. против 3,30 руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеева Е. И. Технологические свойства молока коров черно-пестрой породы разного возраста и происхождения // Повышение эффективности продуктивных и племенных качеств сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. — Л., 1990. — С. 62–66.

2. Дедов М. Д. Увеличение производства молока и повышение его качества в летний период // Зоотехния, 2004. — № 8. — С. 22–24.

3. Колчев А. Г. Влияние концентрации соматических клеток на качественные и технологические свойства молока // Главный зоотехник, 2010. — № 3. — С. 27–30.

4. Румянцева Г. Н. Совместное использование протеаз и целлюлаз при получении пищевого белка // Пищевой белок и экология : мат-лы Международной конф. — М., МГУПБ, 2000. — С. 25.

5. Волик В. Г. Современный подход к переработке отходов птицеводства на кормовые цели // Птица и птицепереработка, 2008. — № 6. — С. 23–24.

6. Требухов А. В. Клинико-биохимические аспекты кетоза у молочных коров // Ветеринария, 2017. — № 10. — С. 46–49.

7. Воронов Д. В. Проблема сохранения pH рубца у высокопродуктивной коровы // Наше сельское хозяйство, 2012. — № 17. — С. 53–54.

8. Требухов А. В. Особенности нарушения обмена у телят, рожденных от коров, больных кетозом // Вестник АГАУ, 2021. — № 6 (200). — С. 44–49.

УДК 636.2:636.082.22

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ РАЗНЫХ ГЕНЕРАЦИЙ ПРИОБСКОГО ТИПА ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

Т. В. Громова[1], И. А. Камардина[2]

[1] Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

[2] Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

Изучены основные селекционно-генетические параметры молочной продуктивности коров алтайской популяции приобского типа черно-пестрой породы. Выявлено, что за три генерации у полновозрастных коров значительно увеличились показатели удоя и массовой доли жира соответственно на 1415,3 кг и 0,09% ($p < 0,001$ для всех разниц), однако белковомолочность уменьшилась на 0,07% ($p < 0,001$). Доля генотипической изменчивости всех признаков невысокая ($0,12 \le h^2 \le 0,29$), корреляция между показателями — достоверная и положительная ($r = 0,18 \pm 0,065 \ldots 0,26 \pm 0,064$, $p < 0,05$). Это существенное селекционное достижение за три генерации, особенно в парах признаков «удой × массовая доля белка» и «массовая доля жира × массовая доля белка», значительно облегчит дальнейший отбор животных по комплексу признаков и увеличит темпы селекции алтайской популяции животных приобского типа. Для увеличения белковомолочности коров в следующей генерации необходимо проводить более жесткий отбор среди коров-матерей и использовать быков-производителей с потенциалом по данному признаку не ниже показателя предыдущего поколения (3,31% и более).

Ключевые слова: удой, жирномолочность, белковомолочность, наследуемость, корреляция, генерация, потенциал продуктивности, приобский тип

Введение. Получение высоких удоев в сочетании с лучшими показателями качества молока — главная задача современной практической селекции в молочном скотоводстве [4]. Несоответствие требованиям стандартов на молоко-сырье является основной причиной сдерживания темпов роста производства молочной продукции [6].

Повышение эффективности отрасли во многом зависит от темпов улучшения племенных и продуктивных качеств разводимых пород скота [5]. Каждый из признаков продуктивности имеет различную степень генетической обусловленности, состояние которой оценивается с помощью селекционно-генетических параметров [1, 3]. Изучение данных параметров в конкретных условиях разведения животных и их влияние на систему отбора и подбора остается актуальным направлением в селекции скота молочного направления.

Цель исследования: определить селекционно-генетические параметры молочной продуктивности коров алтайской популяции приобского типа для выявления генетических резервов повышения изучаемых признаков.

Материал и методика исследования. Научные исследования проведены в 2021 г. на поголовье крупного рогатого скота алтайской популяции приобского типа черно-пестрой породы (АО «Учхоз „Пригородное”» Индустриального района г. Барнаула Алтайского края). В выборочную совокупность вошли 1332 гол. коров-дочерей и их матерей, а также 666 быков-производителей. Все животные были разбиты по возрасту и происхождению на три генерации.

Молочную продуктивность животных оценивали по трем признакам: удой (кг), массовая доля жира (%) и массовая доля белка (%), взятым из базы ИАС «Селэкс — молочный скот».

Генетико-статистический анализ материала исследований предусматривал расчет следующих параметров: средняя арифметическая и ее статистическая ошибка ($\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$); коэффициент изменчивости признаков (C_V), %; коэффициент корреляции (r); коэффициент наследуемости (h^2). Анализ проводился по общепризнанным методикам, систематизированным в учебном пособии Н. И. Коростелевой и др. (2009) [2].

Результаты исследования и их обсуждение. В процессе совершенствования животных приобского типа использовались быки-производители со средней продуктивностью женских предков 9843,0–12583,1 кг молока с жирностью 4,19–4,48% и белковомолочностью 3,27–3,37% (табл. 1).

Таблица 1

Потенциал продуктивности женских предков быков-отцов коров разных генераций

Генерация дочерей	n	Показатели продуктивности женских предков быков		
		удой за 305 дн., кг	массовая доля жира,%	массовая доля белка,%
I	227	9843,0±307,63	4,19±0,047	3,27±0,014
II	211	12286,2±96,97***	4,48±,023***	3,37±0,011***
III	228	12583,1±125,30***	4,40±0,020***	3,31±0,008*

Примечание: * — p<0,05; ** — p<0,01;*** — p<0,001.

Как следует из данных таблицы 1, генетический потенциал (качества) производителей от I к III генерации существенно увеличился по удою и жирности молока, соответственно на 2740,1 кг и 0,21% (p<0,001 для всех разниц), тогда как по массовой доле белка в молоке сначала увеличился на 0,1%, а затем уменьшился на 0,06% (p<0,05). При этом самые высокие показатели жира и белка — во II генерации, которые превосходят первоначальные на 0,29 и 0,10% (p<0,001 для всех разниц) соответственно.

В результате за 15 лет (табл. 2) удой коров изучаемой популяции за 305 дней лактации увеличился на 1415,3 кг (p<0,001), что составило 19,3%, жирномолочность — на 0,09% (p<0,001).

Таблица 2

Показатели молочной продуктивности коров приобского типа разных генераций (3-я лактация и старше)

Генерация	n	Удой за 305 дн., кг		Массовая доля жира,%		Массовая доля белка,%	
		$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_V	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_V	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	C_V
I	227	7320,4±67,37	13,9	4,21±0,018	6,4	3,18±0,009	3,6
II	211	8313,6±98,81	17,3	4,00±0,011	4,0	3,12±0,003	1,3
III	228	8735,7±69,47***	12,0	4,30±0,011***	3,7	3,11±0,003***	1,7

Примечание: * — p<0,05; ** — p<0,01; *** — p<0,001.

Показатель белковомолочности, в отличие от удоя и жирномолочности, у коров третьей генерации не только не увеличился, но и существенно снизился — на 0,07% (p<0,001).

В связи с этим необходимо проанализировать особенности подбора предков в данном стаде по признакам молочной продуктивности (табл. 3).

Таблица 3

Показатели средней продуктивности предков коров изучаемых групп

Генерация	n	Удой за 305 дн. лактации, кг		Массовая доля:			
				жира,%		белка,%	
		матери	отцы	матери	отцы	матери	отцы
I	227	6226,4±78,02	9843,0 ± 307,63	4,15±0,017	4,19±0,047	Нет данных	3,27±0,014
II	211	7262,6±87,27***	12286,2±96,97	4,15±0,017	4,48±0,023	3,16±0,013	3,37±0,011

Примечание: * — p<0,05; ** — p<0,01; *** — p<0,001.

Как видно из таблицы 3, при подборе превосходство быков (отцов) над коровами-матерями по удою составило от 3617 до 5023 кг молока, по жирномолочности — 0,22–0,33%, что выше,

чем по белковомолочности — 0,19–0,21%, при общем снижении показателя белка у отцов между II и III генерациями (как было сказано выше) на 0,06% ($p<0,05$). Анализируя материнскую сторону, можно отметить большой прогресс по генерациям в подборе матерей по удою (I–II: +1036,2 кг; II–III: +1056,5 кг; I–III: +2092,7 кг ($p<0,001$ для всех разниц), отсутствие статистически достоверной разности по жирности молока и существенный регресс по массовой доле белка (II–III: — 0,04% при $p<0,01$).

Коэффициенты наследуемости признаков молочной продуктивности коров, рассчитанные путем удвоенной генотипической корреляции (в парах «мать-дочь»), в целом низкого уровня, но несколько выше по удою за 305 дн. лактации во II генерации ($h^2=0,29$) и в среднем чуть больше по массовой доле белка, чем жирности молока (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент наследуемости молочной продуктивности коров

Генерация	n	Удой за 305 дн., кг	МДЖ,%	МДБ,%
I	227	0,12	0,16	Нет данных по матерям
II	211	0,29	0,17	0,17
III	228	0,16	0,12	0,18

В целом направленный отбор коров по молочной продуктивности оказал положительное влияние на взаимосвязь между изучаемыми показателями (табл. 5).

Таблица 5

Корреляция между признаками молочной продуктивности коров

Взаимосвязанные показатели	Генерация		
	I (n = 227)	II (n = 211)	III (n = 228)
Удой × массовая доля жира	0,09±0,066	0,21±0,068**	0,19±0,065*
Удой × массовая доля белка	–0,29±0,064***	0,02±0,069	0,18±0,065*
Массовая доля жира × массовая доля белка	–0,01±0,067	0,07±0,068	0,26±0,064***

Примечание: * — $p<0,05$; ** — $p<0,01$; *** — $p<0,001$.

Из представленных в таблице 5 данных видно, что связь между белковомолочностью, удоем и массовой долей жира у животных III генерации достоверная и приобрела положительное направление. Это существенное селекционное достижение за три генерации, особенно в парах признаков «удой × массовая доля белка» и «массовая доля жира × массовая доля белка».

Заключение. В алтайской популяции коров приобского типа за три генерации значительно увеличились показатели таких признаков, как удой — 8735,7 ± 69,47 кг (+1415,3 кг, $p<0,001$) и массовая доля жира — 4,30±0,011 (+0,09%, $p<0,001$), и уменьшилась белковомолочность — 3,11±0,003 (— 0,07%, $p<0,001$) за счет наиболее низких показателей этого признака в третьем поколении как со стороны отцов (3,31±0,008%), так и со стороны матерей (3,12±0,007%). Для увеличения белковомолочности коров в следующей генерации необходимо использовать быков-производителей с более высоким потенциалом по данному признаку либо не ниже показателя предыдущего поколения и вести более жесткий отбор среди матерей.

Доля генотипической изменчивости всех признаков молочной продуктивности коров в их общей фенотипической изменчивости невысокая: $0,12 \le h^2 \le 0,29$, тем не менее отбор в популяции в основном эффективен: между генерациями существенно возросли показатели главных признаков — удоя и массовой доли жира, исключение — содержание массовой доли белка.

Корреляция между удоем, жирно- и белковомолочностью коров имеет низкие, но достоверные положительные значения: $r = 0,19 \pm 0,065$ ($p < 0,05$), $r = 0,18 \pm 0,065$ ($p < 0,05$) и $r = 0,26 \pm 0,064$ ($p < 0,001$) соответственно, что значительно облегчит дальнейший отбор животных по комплексу признаков, увеличит темпы селекции алтайской популяции животных приобского типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донник И., Мымрин С. Роль генетических факторов в повышении продуктивности крупного рогатого скота // Главный зоотехник, 2016. — № 8. — С. 17–19.

2. Коростелева Н. И., Кондрашкова И. С., Рудишина Н. М., Камардина И. А. Биометрия в животноводстве : уч. пособие. — Барнаул : Изд-во АГАУ, 2009. — 210 с.

3. Кузнецов В. М. Метод оценки животных по степени родительского влияния: особое мнение // Проблемы биологии продуктивных животных, 2012. — № 2. — С. 89–115.

4. Прошкина Т. Г., Одегов Н. И., Белов А. Н. Сыропригодность молока, поступающего на ООО ЭСЗ г. Барнаула // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока : сб. научн. тр. / ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН. — Барнаул, 2006. — Вып. 3. — С. 33–40.

5. Сакса Е. И., Барсукова О. Е. Результаты использования и генеалогические схемы быков-производителей голштинской породы : монография. — СПб. : ГНУ Северо-Западный НИИ механизации и электрификации сельского хоз-ва РАСХН, 2012. — 133 с.

6. Тихомиров И. А., Андрюхина О. Л. Основные направления повышения качества молока // Вестник ВНИИМЖ, 2016. — № 3 (19). — С. 17–22.

УДК 615.32

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛАПЧАТКИ БЕЛОЙ И КРОВОХЛЕБКИ ЛЕКАРСТВЕННОЙ НА СЕННУЮ ПАЛОЧКУ И САЛЬМОНЕЛЛУ

А. В. Захарченко[1], Н. Г. Базарнова[1], Т. Н. Ильичева[2], Р. А. Аубакирова[3]

[1] Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

[2] Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

[3] Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

В данной статье представлены результаты антибактериальной активности экстрактивных веществ, извлеченных последовательной экстракцией из растительного сырья лапчатки белой и кровохлебки лекарственной. Показана подавляющая активность спиртовых экстрактов растений лапчатки белой и кровохлебки лекарственной на бактерии сальмонеллы и стимулирующая активность на сенную палочку.

Ключевые слова: экстракты, растительное сырье, лапчатка белая, кровохлебка лекарственная, антибактериальная активность

Бактерии — это группа прокариотических микроорганизмов, насчитывающая более 10 тысяч изученных видов. Большое число бактерий приносят вред живым организмам, вызывая инфекционные заболевания, такие как дизентерия (бактерии рода *Shigella),* туберкулез (*Mycobacterium tuberculosis*), диарея (*Salmonella spp.*) и т. д. Лечение острых кишечных заболеваний, вызванных сальмонеллой, требует употребления антибиотиков, что негативно сказывается на микрофлоре кишечника живого организма. Применение антибиотиков негативно сказывается на размножении полезной для кишечника бактерии — сенной палочки (*bacillus subtilis).* Сенная палочка ежедневно участвует в процессах переваривания пищи, вытесняет патогенную и условно-патогенную микрофлору кишечника и кожи, способствует удалению продуктов распада, синтезирует аминокислоты, витамины и иммуноактивные факторы [1, 2].

Актуальной задачей является получение препаратов на растительной основе, обладающей антибактериальной активностью в отношении бактерий *Salmonella spp* и стимулирующим эффектом в отношении бактерий *Bacillus subtilis*. К перспективе использования растительных экстрактов можно отнести отсутствие побочных эффектов, пролонгирующее действие и нетоксичность для организма.

Поэтому **целью данной работы** является изучение влияния биологически активных веществ, извлеченных из растительной биомассы лапчатки белой (*Potentilla alba L.*) и кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officianalis L*), в отношении бактерий сенной палочки и сальмонеллы.

Объекты исследования выбраны, исходя их широкого применения в народной медицине благодаря разнообразному химическому составу. Кровохлебка как лекарственное растение известна с XVI в. Корни и корневища кровохлебки лекарственной применяют в виде жидкого экстракта как кровоостанавливающее, вяжущее, ангиоспастическое, замедляющее перистальтику кишечника и снимающее спазмы, болеутоляющее и сильное бактерицидное средство; при желудочно-кишечных заболеваниях (энтерит, колит, дизентерия, диарея); при внутренних кровотечениях (легочных, кишечных, маточных); болезнях полости рта (гингивит, стоматит и др.). Корневища используют при раке молочной железы, эрозии шейки матки [4]. Отвар корней и корневищ лапчатки белой используют при диарее, желудочно-кишечных коликах как вяжущее и гемостатическое средство. Кроме того, фитотерапевты рекомендуют применение лапчатки белой для предотвращения или лечения заболеваний печени, сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, в частности язвы, а также как антисептическое и ранозаживляющее средство [3].

Биологически активные вещества из лапчатки белой и кровохлебки лекарственной извлекали методом последовательной экстракции в аппарате Сокслета. Для определения антибактериальной активности использовали спиртовые (96%-ный этанол) экстракты.

Для оценки антибактериальной активности навеску сухого спиртового экстракта растворяли в соответствующем объеме растворителя. Отбирали аликвоту объемом 100 мкл и проводили 10-кратное разбавление в физиологическом растворе. Для выполнения работы использовались пластиковые планшеты для идентификации и определения чувствительности бактерий к полученным препаратам. Планшет представляет собой прямоугольник размерами 8×12, с 96 лунками для культивирования бактерий. Каждую лунку планшета заполняли питательным бульоном в объеме 100 мкл. В первые лунки каждого ряда дополнительно вносили 80 мкл бульона и 20 мкл приготовленного 10-тикратно разбавленного препарата, пипетировали с помощью автоматической пипетки и переносили 100 мкл в последующую лунку того же ряда, таким образом производя растительную. Из предпоследней лунки удаляли 100 мкл раствора, таким образом, последняя лунка каждого ряда использовалась в качестве контроля роста бактерий. Следующие девять рядов заполнялись аналогично первому. Последние два ряда служили контролем бактерий. После чего в каждую лунку вносили по 20 мкл бактерий.

Для изучения влияния препарата на каждый штамм бактерий отведено по 2 ряда. В первый и второй ряды вносили бактерию *Salmonella* (бактерия, которая вызывает острые кишечные инфекции). В третий и четвертый ряды — *Bacillus subtilis* — сенная палочка (на ее основе делают препараты против диареи животных). Далее определяли оптическую плотность растворов на спектрофотоколориметре для планшетов [5].

Готовый планшет помещался в термостат на 48 часов для культивирования бактерий. По истечении 48 часов повторно измеряли оптическую плотность приготовленных растворов.

Экстракт лапчатки белой на низких концентрациях подавляет рост сальмонелл — *Salmonella sp*., на высоких концентрациях стимулирует. На всех концентрациях препарат стимулирует рост сенной палочки — *Bacillus suptilis*. Экстракт кровохлебки лекарственной на низких концентрациях стимулирует рост сальмонелл — *Salmonella sp*. и сенной палочки — *Bacillus suptilis*.

В результате анализа на антибактериальную активность установлено, что биологически активные вещества 96%-ного этанольного экстракта лапчатки белой подавляют рост представителя патогенной микрофлоры — *Salmonella sp*. Экстракт является благоприятной средой для роста сенной палочки — *Bacillus suptilis*, используемой в ветеринарии при лечении диареи у животных. Способность подавлять рост сальмонелл — *Salmonella sp*. (кишечной палочки) и стимулировать рост сенной палоч-

ки — *Bacillus suptilis* позволяет рекомендовать к использованию кровохлебку лекарственную при заболеваниях ЖКТ.

Таким образом, препарат на основе этанольного экстракта лапчатки белой является перспективным при лечении заболеваний ЖКТ, так как подавляет рост сальмонелл на низких концентрациях и стимулирует рост сенной палочки. Препарат на основе экстракта кровохлебки лекарственной может быть использован в качестве питательной среды для сенной палочки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Beuchat L. R., Heaton E. K. Salmonella Survival on Pecans as Influenced by Processing and Storage Conditions. — Vol. 35. — P. 23.

2. Brown S. J., Brown W. L. Fate of Salmonella Inoculated into Beef for Coocing. // Joyrnal of Food Protection. — Vol. 41. — № 1. — P. 17.

3. Shikov A. N., Lazukina M. A., Pozharitskaya O. N., Makarova M. N. et al. Pharmacological evaluation of Potentilla alba L. in mice: adaptogenic and cemtral nervous system effects // Pharmaceutical Biology (Formerly International Journal of Pharmacognosy), 2011. — Vol. 49. — № 10. — P. 1023–1028.

4. Балицкий К. П., Воронцова А. Л. Лекарственные растения. — Киев : Наукова думка, 1982. — 376 с.

5. Фирсов Н. Н. Микробиология — словарь терминов. — М. : Дрофа. — 2006. — С. 54.

УДК 636.2:636.085.52

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ КАРНАЖА В СОСТАВЕ РАЦИОНА ПОЛНОВОЗРАСТНЫХ КОРОВ НА ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ

К. В. Киреева

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

В статье приведены некоторые итоги изучения влияния скармливания карнажа из кукурузы в составе рациона полновозрастных коров на их продуктивные показатели. В ходе исследований выявлено, что животные опытной группы, потребившие в составе основного рациона карнаж по схеме опыта, превосходили аналогов из контроля по надою молока за учетный период на 313 кг, количеству молочного жира на 19,6 кг, по количеству молочного белка на 9 кг.

Ключевые слова: лактирующие коровы, кормление, кормовая добавка, молочная продуктивность

Введение. Увеличение производства молока и повышение его качества — одна из приоритетных задач агропромышленного комплекса. Решение ее базируется на интенсификации молочного скотоводства, основным фактором которой является организация полноценного сбалансированного кормления. Это обстоятельство осложняется тем, что с увеличением удоя способность животных к поеданию корма не возрастает, расход питательных веществ под влиянием усиливающейся лактационной деятельности быстро увеличивается.

Балансирование рационов кормления высокопродуктивных коров по энергии и основным питательным веществам осуществляется преимущественно за счет зернофуража, продуктивное действие которого зависит от его качества, что, в свою очередь, зависит от способов заготовки и хранения [1].

По площади сева кукуруза занимает третье место в мире после пшеницы и риса, по сбору зерна всегда была и остается на первом. Является высокоэнергетической среди основных кормов. Зерно кукурузы хорошо подходит для кормления всех видов сельскохозяйственных животных, а его переваримость у крупного рогатого скота и свиней составляет 90% [2].

Таким образом, ввиду высокой эффективности зерна кукурузы и относительно низкой его себестоимости и отсутствия исследований в условиях юга Западной Сибири нами проведены научные изыскания в области совершенствования рационов коров в сухостойный период и на раздое **с целью** увеличения молочной продуктивности и улучшения качества молока.

Новизна исследований состояла в том, что впервые было исследовано влияние карнажа на уровень молочной продуктивности полновозрастных коров черно-пестрой породы в период раздоя.

Материал и методика проведения опыта. Научные исследования проведены на сухостойных коровах черно-пестрой породы, принадлежащих ООО «Агрофирме «Урожай»«Зонального района Алтайского края, по схеме опыта: карнаж скармливался полновозрастным коровам в течение 120 дней, начиная с периода сухостоя (за 60 дней до предполагаемого отела) и в период начала лактации в течение 60 дней.

Коровам опытной группы, помимо основного рациона, добавляли 1,0 кг карнажа в смеси с 3,8 кг концентратов. Далее в период раздоя, начиная с 15 дня лактации, животные контрольной группы получали основной рацион без карнажа. Аналогам опытной группы к основному рациону добавляли 4,5 кг карнажа в смеси с 8,5 кг комбикорма.

Уровень молочной продуктивности учитывался методом контрольных доек на 15, 30 и 60 день опыта. На 15 и 60 день опыта отбирались пробы молока от животных каждой группы (n=3) в количестве 500 мл. Анализ проводился на приборе «Милкоскан-VT-120». Экономическую эффективность скармливания карнажа сухостойным и лактирующим коровам рассчитывали по методике Г. М. Лоза (1980).

Результаты и их обсуждение. Результатами исследований доказано преобладание показателей продуктивности коров опытной группы над аналогами из контроля: среднесуточный удой за период учета (60 дней) составил 30,01 л, что на 5,07 л больше сверстниц из контроля (P>0,95). Общая продуктивность одной головы составила 1541,57 кг молока в контрольной и 1854,69 кг в опытной группе, что на 313,12 кг больше (P>0,95). Коровы опытной группы лидировали по количеству молочного жира — 93,48 кг, полученного за учетный период, против показателей контроля — 73,84 кг (P>0,99), и по количеству молочного белка — 58,05 кг, опередив сверстниц из контрольной группы на 9,18 кг (P>0,95).

По нашему мнению, коровы опытной группы, получавшие в сухостойный период карнаж в составе рациона, были способны к накоплению достаточной энергии для продуктивной лактации, потому как при скармливании зерна кукурузы с разрушенной оболочкой зерна улучшаются переваримость питательных веществ этого корма, усвояемость азота и минеральных веществ коровами опытной группы [3].

В минеральном составе молока прослеживались некоторые изменения. На 60-й день снизилось количество кальция в молоке коров опытной группы на 0,24 г/кг (P>0,95), фосфора, выделяемого в молоко, по сравнению с началом раздоя на 0,34 г/кг в контрольной и 0,26г/кг в опытной группе. Калия уменьшилось на 0,28 г/кг в опытной и 0,33 г/кг в контрольной группе. Отмечено интенсивное выведение меди с молоком коров опытной группы — 0,40 мг/кг и цинка на 0,34 мг/кг. Остальные исследуемые показатели — магний, натрий, железо, марганец — отмечены практически на уровне учета в начале раздоя и не претерпели значительных изменений. Все вышеперечисленные показатели носили физиологический характер и не явились достоверно значимыми, P<0,95.

Применение карнажа в рационе сухостойных коров и коров на раздое экономически выгодно: выручка от реализации составила 41 622,39 руб./гол. в контрольной и 50 076,63 руб./гол. в опытной группе соответственно. Чистая прибыль в опытной группе составила 30 346,43 руб./гол., что на 8496,87 руб./гол. больше, чем в контрольной. Рентабельность производства молока была высокой в обеих группах — за преобладанием животных опытной группы — 153,8% против 110,5 в контроле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оноприенко Н. А., Оноприенко В. В. Эффективность использования плющеного зерна кукурузы в кормлении высокопродуктивных коров : сб. науч. тр. Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии, 2012. — № 1. — Т. 1.

2. Кукуруза на фураж и карнаж. URL: http://csh.sibagro.ru/news/kukuruza-na-furazh-i-karnazh-/ (дата обращения: 03.09.2021).

3. Филиппова О. Б., Кийко Е. И., Маслова Н. И. Рубцовое пищеварение у коров при различном составе кормовой смеси // Вестник Всероссийского НИИ механизации жив-ва, 2017. — № 4 (28). — С. 139–144.

УДК 637

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В БИОТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

А. В. Ковалев[1], О. И. Себежко[1], О. С. Короткевич[1], И. Н. Морозов[2], Д. А. Александрова[1]

[1] Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

[2] Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

В статье рассмотрены результаты воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) инфракрасного спектра действия на скорость роста поросят породы СМ-1 (скороспелая мясная) раннего возраста. Установлен положительный стимулирующий пролонгированный эффект воздействия НИЛИ на абсолютную величину всех изученных среднесуточных приростов.

Ключевые слова: поросята, биостимуляция, лазерное излучение, продуктивность, биотехнология

Введение. В обеспечении населения мясной продукцией отрасль свиноводства занимает ведущее положение, потребление свинины соответственно выходит на самые высокие позиции в мясном балансе. В последние несколько лет в Российской Федерации также отмечаются подобные тенденции — потребление и рост производства свинины неуклонно увеличивались [1].

В странах с развитой системой животноводства рост производства свинины осуществляется путем высокоинтенсивного использования животных и интенсификации производства. В настоящее время сформировались основные тренды и направления, обеспечивающие рост производства свинины. Одно направление связано с развитием современных методов генетики и селекции животных, использованием генотипов выдающихся производителей в племенной работе, внедрением разработок генной инженерии. Однако в большей степени повышение продуктивности в свиноводстве сегодня связано с совершенствованием системы содержания и кормления. Разработка эффективных методик, направленных на совершенствование промышленных технологий получения свинины, является одним из существенных условий дальнейшей интенсификации отрасли [2–4].

Учитывая широкий спектр биостимулирующих и моделирующих эффектов биофизических факторов, а также их доступности для повседневного использования в условиях сельскохозяйственных предприятий, их внедрение в производственные процессы может быть актуальным и востребованным. В качестве таких биофизических факторов могут выступать ультразвуковые волны и лазерное излучение низких интенсивностей [5–8]. Биологические эффекты, которые возникают при воздействии данных факторов в организме животных, обусловливают широкий спектр метаболических реакций, направленных в отношении иммуностимуляции, повышения регенерационных способностей, увеличения скорости и интенсивности роста. [2, 6, 7].

Материал и методы. Объектом исследования были поросята скороспелой мясной породы (СМ-1). Животные были разделены на опытную и контрольную группы по принципу аналогов. Поросят опытной группы облучали низкоинтенсивным лазерным излучением на 10, 12, 14 дни жизни. Сроки были

выбраны с учетом технологического процесса на свинокомплексе. В эти дни поросята получали ферроглюкин для профилактики железодефицитной анемии. Применяли инфракрасное НИЛИ с экспозицией 4 с, мощностью 4 Вт, λ 890 нм, частотой 150 Гц (аппарат «Мустанг-017»), облучали область селезенки.

Взвешивание — в 10, 21, 30, 45, 60, 75 дней. Были рассчитаны среднесуточные приросты за периоды 10–21, 10–30, 10–60, 31–60, 10–75 дней.

Статистическая обработка: оценка нормальности распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка (W). Достоверность различий оценивали с помощью критерия Стьюдента (td-критерий) и критерия Фишера. Использовали программы Microsoft Office Excel 7.0 и Gnumeric 1.12.9.

Результаты исследований и обсуждение. Использование биофизических факторов на самых ранних этапах развития, несомненно, будет наиболее эффективным, поскольку в этот период имеются биологические предпосылки к наибольшей скорости роста.

На момент начала экспериментальных исследований в опытной и контрольной группах поросята имели одинаковый вес. Анализ среднесуточных приростов в отдельные периоды онтогенеза у поросят при облучении области селезенки представлены в таблице.

Среднесуточные приросты поросят (г) при воздействии лазером на область селезенки

Период дней	Контрольная группа		Опытная группа	
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	Cv
10–21	294,6±16,2	48,7	406,8±16,1***	34,1
10–30	209,7±11,2	36,9	334,3±13,6***	20,8
10–60	289,7±7,8	23,9	345,3±7,3***	18,1
31–60	323,8±14,5	30,4	366,9±21,7	30,1
10–75	307,8±8,1	14,8	355,9±8,7***	14,1

Примечание: * — p>0.95; ** — p>0.99; *** — p>0.999.

Как видно из таблицы, абсолютные среднесуточные приросты были выше у поросят, подвергшихся воздействию низкоинтенсивного лазерного излучения, с высокой степенью достоверности (p>0,999), кроме периода 31–60 дней. В этот период также отмечается превосходство поросят опытной группы в сравнении с контрольной, однако достоверных различий мы не получили. Фенотипическая изменчивость величины среднесуточных приростов во все периоды онтогенеза у животных была ниже, чем в контроле, что отражает сходную реакцию поросят на воздействие лазерного излучения по данному показателю. В период облучения с 10 по 14 день преобладание величины среднесуточных приростов опытных поросят над контрольными составило 112, 2 г (38%), в период от 10 до 30 дней преобладание увеличилось и составило 124, 6 г (59,3%). В периоды 10–60 дней и 10–75 дней поросята также превосходили своих сверстников из контрольной группы, хотя и в меньшей степени: на 19,2% и 15,6% соответственно.

Сохранение тенденции преобладания поросят опытной группы по показателю среднесуточных приростов свидетельствует о пролонгированном эффекте при воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения на область селезенки.

Следует отметить тот факт, что применение НИЛИ помогает минимизировать негативное влияние окружающей среды в критические периоды роста и развития поросят. К такому периоду в свиноводстве относится возраст 3 недель (21 день), связанный с установлением собственной иммунной системы животных. Это подтверждается превышением среднесуточных приростов у поросят опытной группы в период от 10 дней и до месячного возраста в сравнении с контрольными интактными поросятами.

Заключение. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в период наивысшего роста у поросят в ранние периоды онтогенеза позволяет увеличить продуктивные показатели за счет расширения границ фенотипической изменчивости. Использование низких дозировок при воздействии лазером позволяет избежать избыточных эффектов биостимуляции, возникновения невосприимчивостии, способствует пролонгированному действию НИЛИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалев Ю. И. Реальный риск перенасыщения рынка свинины в 2020–2025 гг.; предпосылки, вызовы, возможности // Свиноводство 2020 «Российское свиноводство 2020–2025 гг.; взгляд в будущее, Москва, 3 декабря 2020 г. : мат-лы XII Межд. науч.-практ. конф. — М., 2021.

2. Котомина Г. А., Себежко О. И. Влияние лазерного излучения инфракрасного спектра на скорость роста поросят // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета, 2011. — Т. 4. — № 20. — С. 67–71.

3. Нарожных К. Н., Коновалова Т. В., Петухов В. Л. и др. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герифордской породы в Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования, 2014. — № 6. — С. 1447.

4. Осадчук Л. В., Себежко О. И., Шишин Н. Г. и др. Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета, 2017. — № 2 (43). — С. 52–56.

5. Сержантова А. И., Себежко О. И. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на биохимические и физиологические показатели поросят с различными поведенческими реакциями // Современные наукоемкие технологии, 2004. — № 2. — С. 23.

6. Себежко О. И., Гарт В. В., Дементьев В. Н. Гематологический статус скороспелой мясной и крупной белой пород свиней в начальный постнатальный период онтогенеза // Достижения науки и техники АПК, 2012. — № 3. — С. 53–55.

7. Себежко О. И. Фонопунктура в терапии бронхолегочных заболеваний: сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства, 2014. — Т. 3. — № 7. — С. 464–468.

8. Себежко О. И., Короткевич О. С., Петухов В. Л. Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, 2015. — Т. 51. — № 1–1. — С. 136–140.

УДК 636.085.086

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СИЛОСА КУКУРУЗНОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОКОНСЕРВАНТОВ

Т. В. Куренинова[1], Е. Н. Пшеничникова[1], В. В. Русанова[2]

[1] Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

[2] Алтайский государственный аграрный университет», г. Барнаул, Россия

Для того чтобы улучшить качество силоса и его питательную ценность, при заготовке применяют биоконсерванты. В статье отражено влияние применения биоконсервантов ПЗСК и Биотроф 111 на качественный состав силоса. Установили, что при внесении закваски Биотроф 111 количество молочной кислоты увеличилось до 1,4%, питательность повысилась на 21%, улучшилось качество силоса. Внесение в зеленую массу кукурузы закваски ПЗСК оказало положительное влияние на концентрацию сахара и каротина. Содержание сахара увеличилось на 37% по сравнению с другими вариантами закладки, каротина больше на 11–18% соответственно.

Ключевые слова: силос кукурузный, биоконсерванты, молочнокислые бактерии, Биотроф 111, ПЗСК, питательность

Введение. Объемистые корма являются основой кормовой базы отрасли скотоводства. Основным компонентом в рационах крупного рогатого скота в стойловый период является силос. Силосование — это наиболее дешевый и простой способ консервирования растительных кормов. Силос практически не уступает зеленому корму по кормовой ценности и питательности, сохраняя витамины [1, 2].

При закладке силоса масса должна быть тщательно утрамбована и защищена от попадания кислорода, также во избежание образования маслянокислых бактерий в массу не должна попасть загрязненная почва. Молочная кислота является главным консервирующим веществом в силосе. При недостатке сахара в растениях качество заготовляемого силоса ухудшается, поэтому в зеленую массу добавляют специальные биоконсерванты, в состав которых входят молочнокислые бактерии [4].

Методика исследования. С целью изучения качества силоса кукурузного на трех отделениях ПЗ «Комсомольское» Павловского района Алтайского края заложили 3 варианта силоса из зеленой массы кукурузы в фазе молочно-восковой спелости с использованием бактериальных заквасок ПЗСК, Биотроф 111 и без них. Исследования по изучению качества заложенного силоса проведены в лаборатории аналитических исследований и лаборатории зоотехнии ФГБНУ ФАНЦА.

В ходе опыта в лаборатории аналитических исследований ФГБНУ ФАНЦА проводили исследования проб корма. Питательность кормов определяли расчетным методом с использованием коэффициентов переваримости кормов; сухое вещество, гигровлагу по ГОСТу 31640–2012; содержание сырой золы — методом озоления в муфельной печи по ГОСТу 32933–2014; сырой клетчатки — по ГОСТу 31675–2012; сырого жира — по ГОСТу 13496.15–2016; безазотистых экстрактивных веществ — подсчетом разности 100%-ного содержания протеина, жира, клетчатки, золы и воды; каротина по ГОСТу 13496.17–2019; сахара, крахмала — по ГОСТу 26176–2019 [5].

Количество органических кислот (молочная, уксусная, масляная) определяли в соответствии с ГОСТом Р 56373–2015 [6].

Результаты и их обсуждение. Количество кислот, их соотношение и кислотность силоса в процессе созревания представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что на 30-й день закладки наилучшие показатели по количеству органических кислот отмечены при добавлении биоконсервантов ПЗСК и Биотроф 111 (1,7% и 1,9%), при этом доля молочной кислоты составила соответственно 1,3% и 1,4%, уксусной — 0,4% и 0,5%. Соотношение молочной и уксусной кислот в этот период составило 76,5:23,5 и 73,7:26,3 соответственно.

Таблица 1

Количество кислот и их соотношение (30-й день закладки), %

Показатель	Вариант закладки		
	без консерванта	ПЗСК	Биотроф 111
pH	4,0	4,0	4,0
Количество кислот			
Молочная	1,1	1,3	1,4
Уксусная	0,4	0,4	0,5
Масляная	0	0	0
Общая кислотность	1,7	1,9	2,2
Сумма кислот,%	1,5	1,7	1,9
Соотношение кислот,%			
Молочная	73,3	76,5	73,7
Уксусная	26,7	23,5	26,3
Масляная	0	0	0

В контрольном силосе содержание органических веществ составило 1,4%, что на 0,3–0,5% меньше, чем при внесении биоконсервантов ПЗСК и Биотроф 111 соответственно. В силосе, заготовлен-

ном без добавления консервантов, доля молочной кислоты составила 73,3%, уксусной — 26,7%, масляной — 0%.

Важную роль в процессе силосования играют молочнокислые бактерии, и от того, насколько быстро они размножаются, зависит качество силоса. На накопление органических кислот молочнокислые бактерии более экономично расходуют сахара, и если для более быстрого подкисления силосуемой массы приходится искусственно стимулировать их развитие, то создающаяся кислотность подавляет другие формы брожения, и тем самым сохраняются питательные вещества в корме [3].

Химический анализ корма показал, что на 30-й день закладки при внесении бактериальной закваски Биотроф 111 питательность силоса составила 0,19 к.ед. Содержание переваримого протеина в силосе, заготовленном без использования консерванта, составило 6 г, что на 2 г меньше, чем в силосе, заготовленном с применением закваски Биотроф 111. На количественные показатели сахара и каротина положительное влияние оказало применение закваски ПЗСК. Максимальные значения отмечены для сахара, являющегося хорошим субстратом для молочнокислых и других бактерий. К 30 дню закладки содержание сахара на 37% выше по сравнению с другими вариантами закладки, каротина больше на 11–18% соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав силоса кукурузного (на 30-й день закладки), г/кг

Показатель	Вариант закладки		
	без консерванта	ПЗСК	Биотроф 111
К. ед.	0,15	0,15	0,19
Вода	839	835	791
Сырой протеин	10	12	14
Переваримый протеин	6	7	8
Сырая клетчатка	52	57	65
Сырой жир	4	5	7
БЭВ	87	84	111
Сырая зола	8	7	12
Сахар	2,7	4,3	2,7
Крахмал	5,7	3,6	9,4
Каротин, мг	26,2	29,5	24,2

По результатам органолептической оценки силос из кукурузы, приготовленный с использованием биоконсервантов, обладал приятным запахом квашеных яблок, сохранил первоначальный цвет и структуру в сравнении с контрольным образцом (табл. 3).

Таким образом, видно, что наибольшее влияние на органолептические показатели оказало использование при консервировании бактериальных заквасок.

Таблица 3

Органолептическая оценка силоса

Показатель	Вариант закладки		
	без консерванта	ПЗСК	Биотроф 111
Цвет	Буровато-оливковый	Зеленовато-оливковый	Зеленовато-оливковый
Запах	Хлебный	Квашеных яблок	Квашеных яблок
Консистенция	Мягкая, не мажущая	Мягкая, не мажущая	Мягкая, не мажущая
Наличие посторонних примесей, в т. ч. комьев, грязи, камней, горюче-смазочных материалов	Нет	Нет	Нет
Содержание вредных и ядовитых растений,%	Нет	Нет	Нет

Заключение. По результатам химического исследования силоса кукурузного следует, что при внесении в силос бактериальных заквасок качество его улучшилось. При добавлении в зеленую массу биоконсерванта Биотроф 111 повысилась питательность силоса.

При использовании закваски ПЗСК увеличилось содержание сахара в сравнении с контролем на 37%, каротина на 11%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридин Ф. В. Эффективная бактериальная закваска для силоса // Вестник Курганской ГСХА, 2012. — № 4. — С. 26–28.

2. Дуборезов В. М. Понятие о силосовании и место силоса в рационах животных // Молочное скотоводство России, 2006. — № 2. — С. 353–382.

3. Ли С. С., Косарев А. П., Булгаков А. М. и др. Заготовка сочных и грубых кормов высокого качества в условиях Алтайского края : рекомендации. — Барнаул : Изд-во АЛТ. ИПК АПК, 2013. — 80 с.

4. Мальцева О. Ю., Мещерякова О. Л., Новикова И. В. и др. Влияние бактериальных культур на сохранность зеленых кормов // Вестник ВГУИТ, 2017. — № 3. — С. 174–179.

5. Методики определения переваримости кормов и рационов / под ред. чл.-кор. ВАСХНИЛ проф. М. Ф. Томмэ. — М. : [б.и.]. — 1969. — 39 с.

6. Петухова Е. А. Зоотехнический анализ кормов : уч. пособие; 2-е изд., доп. и перераб. — М. : Агропроиздат, 1989. — 238 с.

УДК 636.2:636.082.453.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИПИДНОЙ ТРАНСФЕКЦИИ СПЕРМИЕВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕННО-РЕДАКТИРОВАННЫХ ЖИВОТНЫХ

А. С. Метлева

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

В связи с бурным развитием генной инженерии в животноводстве многие уже известные методы и методики нуждаются в адаптации и применении в исследовательской деятельности. Для получения генно-редактированных животных применяются различные методы введения геномной конструкции. Метод липидной трансфекции наиболее прост и не требует от исследователей навыков проведения микроинъекций. Учитывая атравматичность метода, липофекция считается более щадящей методикой для живых клеток. При проведении липофекции необходимо учитывать, что не все клетки организма способны трансфецироваться при помощи липидов. В нашем исследовании проводилась липофекция спермиев крупного рогатого скота для изучения способностей их к липидной трансфекции и выживания после проведенной манипуляции.

Ключевые слова: липидная трансфекция, спермии, геномное редактирование, крупный рогатый скот

Исследования, демонстрирующие способность сперматозоидов доставлять экзогенную ДНК в ооциты во время оплодотворения, вызвали значительный интерес и разногласия у научного сообщества [2, 3, 4, 11, 12]. Спермии могут спонтанно поглощать экзогенную ДНК и впоследствии передавать генную конструкцию яйцеклетке во время оплодотворения [6]. Местами захвата чужеродных фрагментов ДНК являются постакросомные и экваториальные области головки сперматозоида. Хотя некоторые из экзогенных фрагментов ДНК, по-видимому, интернализуются в ком-

пактную головку сперматозоидов, большинство фрагментов локализованы снаружи на поверхности мембраны [9].

Следовательно, у сперматозоидов есть потенциал для переноса ДНК, связанной с внешней поверхностью, в любые клетки, которые вступают в контакт со спермой [7].

Механизм проникновения экзогенной ДНК в сперматозоиды изучен лишь частично. Однако кажется, что в этом сценарии участвует взаимодействие определенных белков. Сообщалось, что чужеродная ДНК связывается с мембранными белками, вероятно, посредством рецептор-опосредованного эндоцитоза. Другие исследователи сообщали, что мембранный гликопротеин CD4 способствует опосредованному перемещению в ядро сперматозоидов [14].

Следует отметить, что поглощение экзогенной ДНК сперматозоидами не является пассивным процессом. Живые сперматозоиды обладают способностью нести экзогенную ДНК разного размера. В процессе переноса экзогенной ДНК учувствует механизм активного переноса клеточной мембраной спермиев. Исследования показывают, что нуклеотидная последовательность не влияет на способность поглощаться сперматозоидами, т. е. не существует уникальной последовательности ДНК, которая способствовала бы или подавляла захват экзогенной ДНК сперматозоидами [5].

Существует несколько способов внесения генетической конструкции в эукариотические клетки. Хорошие результаты дает использование вирусных векторов и систем доставки, основанных на вирусоподобных частицах. Однако необходимо учитывать, что их применение может повлечь встраивание рекомбинантной ДНК в геном реципиента. Микроинъекция — наиболее распространенный метод, но он дорогостоящий и малоприменимый на животных. В связи с этим широкое распространение получила доставка генетической конструкции с помощью липофекции. Однако известные в настоящее время протоколы трансфекции с применением липосом обладают низкой специфичностью и малой эффективностью, хотя и используются в ряде современных протоколов генной инженерии [13].

Поскольку сперматозоиды считаются твердыми клетками для трансфекции, были проведены исследования по увеличению поглощения ими ДНК. Эффективность связывания ДНК со сперматозоидами повышается при использовании специальных химикатов или адъювантов в среде для трансфекции [8].

Спермопосредованный перенос генов основан на способности сперматозоидов связывать экзогенную ДНК и переносить ее в ооцит во время оплодотворения. Все виды трансфекции с применением химических реагентов способствуют связыванию сперматозоидов и включению экзогенной ДНК, не влияя на их жизнеспособность. Обработка и время инкубации значительно влияют на параметры подвижности, хотя никакого влияния на целостность ДНК не наблюдалось. Доказана способность спермиев связывать и включать экзогенную ДНК после трансфекции [1].

Исследования Oddi et al. (2012) показали, что поглощение экзогенной ДНК спермиями увеличивается за счет изменения уровней холестерина в плазматической мембране сперматозоидов. Исследователи предположили, что белки, ответственные за прикрепление ДНК к плазматической мембране, находятся под влиянием холестерина. Следовательно, более высокое поглощение ДНК спермиями, о котором сообщалось в исследовании, может быть связано с истощением холестерина в плазматической мембране сперматозоидов [15].

García-Vázquez et al. (2011) сообщили, что производительность сперматозоидов снижается после трансфекции. Результаты этого исследования сопоставимы с другими отчетами, в которых использовалась липофекция или электропорация [10].

Цель исследования: изучить эффективность метода липофекции спермиев крупного рогатого скота для получения генно-редактированных животных *in vivo* с дальнейшим применением трансфецированных спермиев в качестве векторов доставки генетической конструкции в яйцеклетки при искусственном осеменении животных.

Материалы и методы исследования. Для работы использовали размороженную сперму крупного рогатого скота. Липофекцию разведенной спермы в количестве 500 млн клеток проводили для введении в спермии генетической конструкцией с применением «Lipofectamin CRISPRMAX» (Invitrogen™).

Результаты. Для внесения генетической конструкции применяли метод липидной трансфекции спермиев крупного рогатого скота в количестве 45 доз с применением реагента препарата

«Lipofectamin CRISPRMAX» (Invitrogen™) *in vitro*. Липофекцию проводили на спермиях в культуральной чашке. Вся работа проводилась в ламинарном шкафу после стерилизации УФ-облучением в течение 20 мин. В ходе работы применяли реагенты Opti-MEM (Gibco™) и Lipofectamine CRISPRMAX комнатной температуры. Инкубировали при комнатной температуре в течение 20 мин. Затем чашки помещали инкубироваться при 37 ^{0}C и 5% CO_2 на 24 ч.

Отбор трансфецированных спермиев в градиенте плотности

Для отбора трансфецированных сперматозоидов применялся метод центрифугирования эякулята в градиенте плотности и оценка их жизнеспособности.

Перед внесением генетической конструкции в яйцеклетки после трансфекции методом липофекции отобраны спермии с внедренной генетической конструкцией. Учитывая изменение физических параметров спермиев (вес и плотность) при введении в них генетической конструкции, для разделения спермиев по их удельному весу и плотности проведено центрифугирование спермы в градиенте плотности, что позволило отобрать подвижные сперматозоиды с нормальной морфологией с измененными удельным весом и плотностью.

Метод основан на принципе центрифугирования спермы через градиент, образованный двумятремя слоями растворов с возрастающей плотностью (масса/объем), содержащих различные концентрации частиц коллоидного кремния.

При выполнении метода градиентного центрифугирования образец эякулята располагается поверх градиента. При центрифугировании различные клетки занимали определенное положение, в котором их плавучая плотность соответствует плотности градиента. Разделение основано на том, что зрелые нормальные сперматозоиды с измененными удельным весом и плотностью имеют плотную упаковку ДНК, больший вес и плотность, чем 80%-ный раствор, поэтому проходят сквозь него и оседают на дне пробирки.

Для выделения сперматозоидов из спермы с большим удельным весом и плотностью методом центрифугирования в градиенте плотности применяется «PureSperm» («Nidacon International AB», Швеция), состоящий из коллоидного раствора двуокиси кремния в сбалансированном растворе солей, забуференном HEPES.

В результате проведения работы по выделению трансфецированных сперматозоидов из нативного эякулята с помощью метода центрифугирования эякулята в градиенте плотности установлено, что данный метод градиентного центрифугирования позволяет выделять жизнеспособные подвижные сперматозоиды с хорошими кинетическими параметрами.

Выделенные подвижные трансфецированные сперматозоиды хранили в инкубаторе с 6% CO_2 при 37 °C для искусственного осеменения коров-доноров.

Далее проводили оценку жизнеспособности трансфицированных спермиев под микроскопом: для этого использовали красители, которые окрашивают только мертвые и спермии с колебательными движениями. Исследуемую сперму окрашивают 1,5%-ным раствором эозина водорастворимого на 3%-ном растворе натрия цитрата. Для этого на чистое обезжиренное теплое (35±2 °C) предметное стекло наносили каплю спермы, добавляли 2–3 капли краски, подогретой до 30 °C, перемешивали 2–4 с и делали три тонких мазка, которые затем высушивали. В каждом препарате подсчитывают 100–150 спермиев, учитывают число спермиев с окрашенными и неокрашенными головками.

По результатам проведенного исследования установлено, что после липофекции в 45 дозах спермы 40% спермиев обладали поступательным прямолинейным движением, а 60% спермиев окрасились раствором эозина в красный цвет, что свидетельствует об их гибели. В результате после трансфекции и центрифугирования в градиенте плотности в 26 дозах спермы обозначилось 40% спермиев с прямолинейным поступательным движением.

После отбора жизнеспособные спермии вводили в половые пути самок методом искусственного осеменения.

Выводы. В результате после трансфекции и центрифугирования в градиенте плотности в 45 дозах спермы обозначилось 40% живых спермиев с прямолинейным поступательным движением. По итогам выполненных работ сделан вывод, что для трансфекции спермиев крупного рогатого скота применим эффективный метод липидной трансфекции с использованием препарата «Lipofectamin

CRISPRMAX». Для отбора жизнеспособных спермиев с генетической конструкцией, способной оплодотворять яйцеклетки, применим метод разделения спермиев по градиенту плотности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Arias M., Sánchez-Villalba E., Delgado A., Felmer R. Effect of transfection and co-incubation of bovine sperm with exogenous DNA on sperm quality and functional parameters for its use in sperm-mediated gene transfer // Zygote, 2017. — № 25 (1). — P. 85–97.

2. Bachiller D., Schellander K., Peli J., Ruther U. Liposome-mediated DNA uptake by sperm cells // Mol Reprod Develop, 1991. — № 30. — P. 194–200.

3. Brackett B. G. et al. Uptake of heterologous genome by mammalian spermatozoa and its transfer to ova through fertilization // Proc Natl Acad Sci USA, 1971. — № 68. — P. 353–357.

4. Brinster R. L. No simple solution for making transgenic mice // Cell., 1989. — № 59. — P. 239.

5. Cabrera M. Transfection of the inner cell mass and lack of a unique DNA sequence affecting the uptake of exogenous DNA by sperm as shown by dideoxy sequencing analogues //Journal of assisted reproduction and genetics, 1997. — T. 14. — № 2. — P. 120–124.

6. Collares T., et al. Transgene transmission in chickens by sperm-mediated gene transfer after seminal plasma removal and exogenous DNA treated with dimethylsulfoxide or N, N-dimethylacetamide // J. Biosci., 2011. — № 36. — P. 613–620.

7. Chan P. J. et al. Evidence for ease of transmission of human papillomavirus DNA from sperm to cells of the uterus and embryo // J Assist Reprod Genetics., 1996. — № 13. — P. 516–519.

8. Daneluz L. O. et al. Efficiency and cell viability implications using tip type electroporation in zebrafish sperm cells // Mol. Biol. Rep., 2020. — № 47. — P. 5879–5887.

9. Francolini M. et al. Evidence for nuclear internalization of exogenous DNA into mammalian sperm cells // Mol Reprod Develop., 1993. — № 34. — P. 133–139.

10. García-Vázquez F. A. et al. Factors affecting porcine sperm mediated gene transfer // Res. Vet. Sci., 2011. — № 91. — P. 446–453.

11. Gagne M. B., Pothier F., Sirard M. A. Electroporation of bovine spermatozoa to carry foreign DNA in oocytes // Mol Reprod Dev., 1991. — № 29. — P. 6–15.

12. Lavitrano M. et al. Sperm cells as vectors for introducing foreign DNA into eggs: genetic transformation of mice // Cell., 1989. — № 57. — P. 717–723.

13. Rubessa M. et al. Wheeler SLIM microscopy allows for visualization of DNA-containing liposomes designed for sperm-mediated gene transfer in cattle // Mol. Biol. Rep., 2019. — № 46. — P. 695–703.

14. Rahimi M. et al. The effect of methyl-beta-cyclodextrin on DNA absorption and quality of posttransfected sperm //Poultry Science, 2021. — T. 100. — № 5. — P. 101058.

15. Oddi S. et al. DNA uptake in swine sperm: effect of plasmid topology and methyl-beta-cyclodextrin-mediated cholesterol depletion // Mol. Reprod. Dev., 2012. — № 79. — P. 853–860.

УДК 636.2:636.087.7

НОВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА В РАЦИОНАХ ДОЙНЫХ КОРОВ

В. А. Мартынов, К. В. Киреева

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме реализации генетического потенциала животных за счет оптимизации рациона. Приведены результаты научно-хозяйственного опыта по изучению влияния скармливания новой биотехнологической кормовой добавки для лактирующих коров в период раздоя на их молочную продуктивность в «ПЗ Комсомольское» Павловского района Алтайского края. Установлено положительное влияние кормовой добавки на молочную продуктивность лактирующих коров в период раздоя. В период опыта средний удой возрос с 2,2 до 14,7% по сравнению с контрольной группой животных. Увеличение продуктивности связано с составом данной кормовой добавки, наличием в ней органических, минеральных и других биологически активных веществ, которые позволяют сбалансировать рацион животных в соответствии с их потребностями и на этом фоне обеспечивают повышение молочной продуктивности.

Ключевые слова: рацион, кормовые добавки, лактирующие коровы, среднесуточный удой, молочная продуктивность

В Алтайском крае преобладает улучшенное высокопродуктивное поголовье молочного скота, и главной задачей повышения продуктивности коров и низких затрат кормов является высокий уровень кормления. При ограниченной вместимости пищеварительного тракта высокопродуктивные животные должны получать большое количество питательных веществ и энергии в единице массы и объема корма. Этого нельзя добиться, давая объемистые корма с низкой переваримостью органического вещества. Поэтому высокопродуктивным коровам необходимо уменьшить объем рациона и увеличить концентрацию энергии в единице массы корма. Этим объясняется необходимость скармливать концентраты высокопродуктивным коровам не только в зимний, но и в летний период.

В кормах, производимых на территории Алтайского края для сельскохозяйственных животных, отмечается постоянный дефицит белка от 20% и выше. Следует помнить, что животные с высокой продуктивностью более требовательны к качеству протеина.

В составе основного рациона животные получают протеин по своему составу разного качества и свойства с разной скоростью переваривания.

Производство продуктов животноводства, в том числе молочной продукции, необходимых для полноценного питания человека, связано с обеспечением животных высококачественными полноценными кормами.

Большое значение при полноценном кормлении имеют протеины, углеводы и жиры. Это основные энергетические источники в рационе сельскохозяйственных животных. Однако влияние протеинового питания для сельскохозяйственных животных оказывает существенное влияние на качество и количество производимой продукции. Это объясняется той большой ролью, которую они выполняют во всех процессах обмена веществ, происходящих в организме [2].

Полноценное питание сельскохозяйственных животных, и особенно высокопродуктивных коров, обеспечивает их высокую продуктивность и способствует сохранению здоровья. Энергия органических веществ, полноценные белки, минеральные вещества, витамины должны предоставляться животным в достаточном количестве и в определенных соотношениях в соответствии с особенностями организма животного и уровнем продуктивности [1].

Влияние энерго-протеинового питания с использованием новых эффективных энерго-протеиновых добавок, вызывающих повышение молочной продуктивности коров, представляет большой интерес к изучению.

Научная новизна работы состоит в том, что в условиях Алтайского края впервые проводится сравнительное изучение новой биотехнологической кормовой добавки на повышение уровня молочной продуктивности и воспроизводительные качества коров в период раздоя.

Методика и условия проведения исследований. Научно-хозяйственный опыт проводился на базе филиала «ПЗ Комсомольское» Павловского района Алтайского края согласно схеме (табл. 1).

Были подобраны четыре группы коров черно-пестрой породы по 10 голов в каждой. При подборе животных учитывались живая масса, возраст, физиологическое состояние, месяц лактации [11].

Научно-исследовательская работа проводилась с целью определения эффективности применения новой биотехнологической кормовой добавки на повышение уровня молочной продуктивности коров в период раздоя. Опыт проводился в течение 50 дней по схеме (табл. 1).

Подбор животных осуществлялся по методике А. И. Овсянникова (3) методом пар-аналогов. Условия содержания животных всех групп были одинаковыми, кормление выполнялось по детализированным нормам кормления крупного рогатого скота А. П. Калашников и др. [6].

Первой контрольной группе скармливался основной рацион (ОР) с добавлением 1 кг комбикорма без включения новой биотехнологической кормовой добавки. В ОР второй опытной группы была включена биотехнологическая кормовая добавка в количестве 500 г/гол. в сутки; в ОР третьей опытной — включена биотехнологическая кормовая добавка в количестве 750 г/гол. в сутки; в ОР четвертой опытной — включена биотехнологическая кормовая добавка в количестве 1000 г/гол. в сутки.

Таблица 1

Схема научно-хозяйственного опыта в период раздоя с 10 дня лактации

Группа	Количество, гол.	Условия кормления	Новая биотехнологическая кормовая добавка, г
I контрольная	10	Основной хозяйственный рацион (ОР) + 1 кг комбикорма	—
II опытная	10	ОР + биотехнологическая кормовая добавка	500
III опытная	10	ОР + биотехнологическая кормовая добавка	750
VI опытная	10	ОР + биотехнологическая кормовая добавка	1000

В основной рацион входили: сено, силос, сенаж, концентраты, поваренную соль и минеральный премикс. Химический состав кормов определяли по общепринятым методикам зоотехнического анализа кормов в лаборатории биохимических исследований ФГБНУ ФАНЦА отдела АНИИЖиВ.

При проведении экспериментальной работы учитывали поедаемость кормов, молочную продуктивность коров в период раздоя. Молочная продуктивность учитывалась на протяжении всего опыта путем ежемесячных контрольных доек. Экономическая эффективность применения новой биотехнологической кормовой добавки в кормлении молочных коров в период раздоя рассчитывалась с применением биометрической обработки с использованием оценки по Стьюденту [1].

Результаты исследований. Уровень и полноценность кормления, как правило, оказывают наибольшее влияние на проявление наследственных качеств животных. Для этого рационы подопытных животных составлялись с учетом их потребностей в энергии и питательных веществах на планируемую продуктивность (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, уровень кормления молочных коров в период раздоя соответствовал физиологическим потребностям организма и был сбалансирован по всем основным питательным веществам. В период опыта ежемесячно проводили контрольные дойки для определения молочной продуктивности. Подопытные животные полностью поедали испытуемую кормовую добавку. Все корма за исключением испытуемой кормовой добавки и дополнительного комбикорма, предназначенного для I контрольной группы животных, задавались в составе кормосмеси для всех групп животных в одинаковом количестве. Дополнительный комбикорм и новая биотехнологическая кормовая добавка задавались животным вручную.

Для испытания была подобрана кормовая добавка с универсальным составом компонентов. Так, в состав биотехнологической кормовой добавки были включены корма растительного происхождения (барда кормовая, шрот рапсовый и соевый, глютен кукурузный, шрот подсолнечный, люпин), смесь муки животного происхождения (кровь и мясо птицы), дрожжевая культура Saccharomyces cerevisiae (Y1242), синтетический метионин и лизин, органический хром и специальные вкусовые и ароматические добавки. Механизм действия добавки направлен на повышение интенсивности пищеварения, на оптимизацию белкового и жирового обмена в организме, на обеспечение роста микрофлоры рубца.

Таблица 2

Состав и питательность среднесуточного рациона подопытных коров на период опыта

Показатель	Группа			
	I контрольная	II	III	IV
Сенаж вико-овсяный, кг	20	20	20	20
Силос кукурузный, кг	18	18	18	18
Сено разнотравное, кг	2	2	2	2
Дерть овсяно-пшеничная, кг	8	7,5	7,5	7,5
Биотехнологическая кормовая добавка	—	0,5	0,75	1
Комбикорм, кг	1,0	—	—	—
Патока кормовая, кг	1,5	1,5	1,5	1,5
Соль поваренная, г	105	105	105	105
Премикс, г	100	100	100	100
В рационе содержалось				
ЭКЕ	23,05	22,5	22,7	23,0
Обменной энергии, МДж	230,5	225	227	230
Сухого вещества, кг	22,2	22,3	22,4	22,5
Переваримого протеина, г	2163	2158	2278	2398
Сырой клетчатки, г	4582	4571	4579	4575
Крахмала, г	4076	4052	4052	4052
Сахара, г	1700	1708	1708	1708
Сырого жира, г	658	582	582	582
Кальция, г	139	144	149	153
Фосфора, г	76	77	78	82
Железа, мг	3276	3278	3287	3298
Меди, мг	130	133	132	131
Цинка, мг	1286	1289	1292	1294
Кобальта, мг	15,9	16,2	16,2	16,2
Каротина, мг	884	884	884	884

Как видно из таблицы 2, в потреблении отдельных видов кормов, энергии и питательных веществ за исключением содержания переваримого протеина за период опыта на голову по группам существенной разницы не отмечено. В опытных группах отмечаются незначительные превышения в потреблении переваримого протеина в третьей и четвертой группе по отношению к первой контрольной на 5,6 и 11,1% соответственно.

Соотношение сахара и переваримого протеина в рационе подопытных животных составило 0,8–0,7.

Основным фактором, определяющим эффективность выращивания крупного рогатого скота, и одним из важнейших показателей является молочная продуктивность. Среднесуточные удои и общий надой молока за период опыта по группам приведен в таблице 3.

По данным таблицы 3 видно, что подобранные на опыт молочные коровы черно-пестрой породы в период раздоя при добавлении в рацион биотехнологической кормовой добавки показали различную молочную продуктивность.

Так, в первой контрольной группе среднесуточный удой за второй месяц составил 23,9 кг, во второй опытной группе отмечается увеличение среднесуточного удоя на 3,4, в третьей опытной группе на 6,7 и в четвертой опытной на 9,2 кг по отношению к контрольной группе животных.

Таблица 3

Молочная продуктивность подопытных коров, кг (M±m), n = 13

Показатель	Группа			
	I контрольная	II опытная	III опытная	VI опытная
Март	26,40±0,70	26,50±1,07	26,60±1,57	27,00±1,28
Апрель	27,10±0,81	27,30±1,03*	30,60±2,15**	33,10±0,84***
Май	26,00±0,56	27,40±1,02*	30,30±1,60**	31,10±1,10***
Средний удой за период опыта	26,5±0,40	27,07±0,59	29,17±1,04**	30,40±0,77***
Валовый удой за период опыта	1325,0	1353,5	1458,5	1520,0

Из результатов опыта видно, что скармливание биотехнологической кормовой добавки в составе рационов оказало положительное влияние на среднесуточные удои молока коров. Таким образом, при относительно сбалансированном сахаропротеиновом отношении в группах с биотехнологической кормовой добавкой суточные удои в период раздоя держался на высоком уровне, тогда как в контрольной группе происходит более интенсивное снижение молочной продуктивности. Включение в рацион коров биотехнологической кормовой добавки способствовало достоверному увеличению молочной продуктивности, что, скорее всего, является следствием достаточного использования кишечной фракции протеина, а также интенсивной синхронизации и стимуляции синтеза микрофлоры рубца. Анализируя вышеизложенное, отметим, что скармливание данной добавки в составе рационов оказало положительное влияние на среднесуточные удои молока коров, что стало возможно благодаря оригинально подобранному составу самой добавки.

Выводы

1. Использование новой биотехнологической кормовой добавки в кормлении лактирующих коров в критически напряженные периоды является целесообразным.

2. Биотехнологическая кормовая добавка в рационе лактирующих коров в дозе 700 и 1000 г на голову в сутки обеспечивает повышение молока в среднем за период на 10,1% (2,7 кг) и 14,7% (3,9 кг).

3. Состав биотехнологической кормовой добавки позволяет реализовать генетический потенциал животного за счет эффективной оптимизации рациона, в частности по фракциям белка и аминокислот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гафаров Ш. С. Использование кормовой добавки фирмы «Провими» в животноводстве // Разработка и использование здоровьесберегающих технологий получения продукции животноводства : матер. Междунар. практ. конф. — Троицк, 2008. — С. 19–21.

2. Киреева К. В. Минеральный состав молока коров при введении в рацион кормовой добавки «Фузгисорб-15» // Аграрная наука — сельскому хозяйству : сб. матер. XIII междунар. науч.-практ. конф. : в 2 кн. — Барнаул : Изд-во АГАУ, 2018. — С. 247–249.

3. Коростелева Н. И. Биометрия в животноводстве. — Барнаул : Изд-во АГАУ, 2009. — 210 с.

УДК 636.084

ИЗУЧЕНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ ЛАКТОБАЦИЛЛ С ЦЕЛЬЮ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ

Е. Ф. Отт, Т. Н. Орлова

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологии, г. Барнаул, Россия

Представлены результаты по изучению 6 штаммов молочнокислых бактерий вида *Lactobacillus plantarum*. Данные культуры были выделены из растительных субстратов Алтайского края и включены в состав «Сибирской коллекции микроорганизмов». Исследования проводились на базе лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела Сибирского научно-исследовательского института сыроделия Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий. В работе применяли общепринятые методы микробиологических и биохимических исследований. Для экспериментов использовали 18-часовые культуры лактобацилл, у которых изучали активную кислотность на жидкой питательной среде, количество бактериальных клеток в полученной биомассе и антагонистическую активность по отношению к условно-патогенным тест-культурам *Escherichia coli*. По результатам исследований активная кислотность штаммов лактобацилл варьировала в пределах 3,43–3,70 ед. pH по сравнению с контролем — 6,98 ед. pH. Данные значения показывают активный рост культур *Lb. plantarum* на питательной среде, что дополнительно подтверждается высоким количеством бактериальных клеток во всех образцах исследуемых микроорганизмов. Все штаммы лактобацилл активно подавляли рост тест-культур *E. coli*. Полученные результаты показывают, что исследуемые штаммы *Lb. plantarum* в дальнейшем можно использовать в качестве пробиотических культур при создании бактериальных препаратов для сельскохозяйственных животных и птиц.

Ключевые слова: животноводство, сельскохозяйственные животные, птицеводство, кормление, пробиотические препараты, пробиотические микроорганизмы, пробиотики, экологическая продукция

Введение. В последние годы не только в Российской Федерации, но и в других экономически развитых странах среди населения наблюдается тенденция к ведению здорового образа жизни, что подразумевает собой не только отказ от вредных привычек и занятие спортом, но и потребление в рационе качественных и полезных продуктов питания.

Указом Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 г. утверждена «Стратегия научно-технологического развития РФ», в соответствии с которой приоритетным направлением исследований являются эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных, качественных, в том числе экологически чистых продуктов питания.

Продукция животноводства, птицеводства (мясо, молоко, яйцо и др.) занимает одно из первых мест в рационе питания населения. И это не удивительно, так как данные продукты являются источниками огромного количества полезных питательных веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека. Однако бесконтрольное применение антибиотиков при лечении и профилактике заболеваний сельскохозяйственных животных и птиц негативно сказывается на качестве и безопасности готовой продукции. Антибиотики имеют свойство накапливаться в организме животных и птиц, а затем при потреблении в пищу животноводческой и птицеводческой продукции данные вещества могут попадать в организм человека, нанося тем самым вред его здоровью [1, 2].

В связи с этим в сельском хозяйстве перспективным направлением является поиск альтернативных средств, направленных на снижение использования антибиотиков при выращивании сельскохо-

зяйственных животных и птиц. Одним из таких вариантов является применение биологических препаратов, включающих пробиотические микроорганизмы [3].

К числу наиболее изученных представителей полезной микрофлоры, используемой в качестве пробиотиков, относятся лактобациллы (*Lactobacillus acidophilus*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. plantarum*), а также пропионовокислые бактерии и бифидобактерии. Ацидофильная палочка (*Lb. acidophilus*) устойчива к кислой среде и сохраняет свою жизнеспособность в желудке и тонком отделе кишечника. Обогащение данной культурой пищеварительного тракта активизирует секреторную деятельность желез желудка и кишечника, усиливает перистальтику и активизирует ферментные функции в организме животных и птиц. Кроме того, ацидофильная палочка образует молочную кислоту, которая активно подавляет рост и развитие гнилостных, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Идентичными выраженными антагонистическими свойствами обладают молочнокислые палочки видов *Lb. bulgaricus* и *Lb. plantarum* [4, 5].

В лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела «Сибирский НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА имеется собственная «Сибирская коллекция микроорганизмов» (СКМ), которая постоянно пополняется вновь выделенными штаммами полезных микроорганизмов. Наличие такой базы пробиотических бактерий дает возможность для проведения исследований по подбору наиболее активных культур для создания перспективных бактериальных препаратов для профилактики желудочно-кишечных заболеваний и повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц.

Целью работы было изучить штаммы лактобацилл из «Сибирской коллекции микроорганизмов» для перспективы их дальнейшего использования в качестве пробиотических культур при создании бактериальных препаратов для сельскохозяйственных животных и птиц.

В задачи исследования входило определить:

— активную кислотность (ед. pH) штаммов лактобацилл на питательной среде;
— количество бактериальных клеток лактобацилл в накопленной биомассе;
— антагонистическую активность штаммов лактобацилл по отношению к тест-культурам *Escherichia coli.*

Методы и методики проводимых исследований. Исследования были проведены на базе лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела Сибирского НИИ сыроделия ФГБНУ ФАНЦА. Объектом исследования являлись 6 штаммов лактобацилл вида *Lb. plantarum*, выделенные из растительных субстратов Алтайского края.

В работе были применены общепринятые методы микробиологических и биохимических исследований. Для экспериментов использовали 18-часовые культуры лактобацилл. Активную кислотность штаммов определяли с использованием pH-метра по ГОСТ 26781–85.

Анализ на количество бактериальных клеток лактобацилл в накопленной биомассе проводили путем микробиологического посева культур на твердую питательную среду [6]. Антагонистическую активность штаммов *Lb. plantarum* изучали методом отсроченного антагонизма по отношению к тест-культурам *E. coli* из коллекции СКМ [7].

Полученные результаты и их обсуждение. Результаты исследований по определению активной кислотности и количеству бактериальных клеток в 18-часовых культурах *Lb. plantarum* приведены в таблице 1.

Активная кислотность штаммов лактобацилл варьировала в пределах 3,43–3,70 ед. pH по сравнению с контролем — 6,98 ед. pH. Данные значения показывают активный рост лактобацилл на питательной среде, что дополнительно подтверждается высоким количеством бактериальных клеток ($(1{,}47 – 2{,}03) \times 10^9$ КОЕ/см^3) во всех образцах исследуемых культур.

Данные, полученные в ходе проведения анализа на антагонистическую активность штаммов *Lb. plantarum* по отношению к тест-культурам *E. coli,* представлены в таблице 2.

По результатам проведенных исследований можно отметить, что все штаммы лактобацилл активно подавляли рост тест-культур *E. coli.*

Таблица 1

Активная кислотность и количество бактериальных клеток *Lb. plantarum* в накопленной биомассе

Исследуемые штаммы	Показатели штаммов через 18 ч культивирования	
	активная кислотность, ед. pH	количество бактериальных клеток, КОЕ/см³
Lb. plantarum 29	3,62±0,01	(1,47±0,06) ×10⁹
Lb. plantarum 30	3,43±0,02	(2,00±0,08) ×10⁹
Lb. plantarum 31	3,56±0,02	(2,03±0,06) ×10⁹
Lb. plantarum 32	3,70±0,03	(1,40±0,07) ×10⁹
Lb. plantarum 33	3,64±0,03	(1,93±0,04) ×10⁹
Lb. plantarum 34	3,68±0,01	(1,82±0,06) ×10⁹
Контроль (питательная среда без культуры)	6,98±0,02	—

Таблица 2

Антагонистическая активность штаммов *Lb. plantarum* по отношению к тест-культурам *E. coli*

Исследуемые штаммы	Зона задержки роста тест-культур *E. coli*, см				
	E. coli (1)	*E. coli (2)*	*E. coli (3)*	*E. coli (4)*	*E. coli (5)*
Lb. plantarum 29	0,63±0,04	1,03±0,11	0,97±0,04	2,16±0,08	1,23±0,08
Lb. plantarum 30	1,03±0,04	0,93±0,11	0,56±0,04	2,36±0,15	3,76±0,18
Lb. plantarum 31	0,43±0,04	1,33±0,08	1,03±0,04	1,47±0,04	1,40±0,07
Lb. plantarum 32	1,47±0,11	1,87±0,15	1,27±0,04	3,63±0,04	1,60±0,07
Lb. plantarum 33	1,70±0,12	1,23±0,04	1,53±0,11	1,37±0,04	4,20±0,07
Lb. plantarum 34	1,63±0,11	1,33±0,08	2,10±0,07	1,40±0,12	1,33±0,11

Заключение. Таким образом, все исследуемые культуры *Lb. plantarum* проявили высокую активность в накоплении биомассы бактериальных клеток, а также в подавлении роста условно-патогенных микроорганизмов *E. coli*, что показывает возможность использования данных штаммов при разработке пробиотических бактериальных препаратов для сельскохозяйственных животных и птиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лозоватская К. Ю. Антибиотики в продуктах животноводческого происхождения // Аллея науки, 2018. — Т. 1. — № 1 (17). — С. 159–162.

2. Максимова П. Е., Иванов С. В. Влияние на организм человека остатков антибиотиков в продуктах питания // Научный электронный журнал Меридиан, 2020. — № 9 (43). — С. 120–122.

3. Волкова И. Пробиотики как альтернатива кормовым антибиотикам // Птицеводство, 2014. — № 2. — С. 10–12.

4. Gallazzi D., Giardini A., Mangiagalli, M. G et al. Effects of Lactobacillus acidophilus D2/CSL on laying hen performance // Animal Science, 2009. — № 7 (1). — P. 27–38.

5. Sikorska H., Smoragiewicz W. Role of probiotics in the prevention and treatment of meticillin-resistant Staphilococcus aureus infections // Antimicrobial agents, 2013. — Vol. 43. — № 6. — P. 475–481.

6. МР 2.3.2.2327–08 Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов). — Углич : ГНУ ВНИИМС, 2008. — 243 с.

7. Ковалевская В. С., Молодкина Н. Р., Тимофеенко Т. И. Изучение биосовместимости и биотехнологических свойств молочнокислых бактерий // Научные труды КУБГТУ, 2016. — № 14. — С. 284–288.

УДК 636.4

ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ СВИНЕЙ ЧИСТОГОРСКОЙ ПОРОДЫ

В. А. Плешков, Н. А. Чалова, К. С. Корякина

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

В статье представлены результаты анализа белкового обмена в организме свиней чистогорской породы. Установленные параметры соответствуют направлению и уровню продуктивности изучаемой породы и согласуются с результатами исследований российских и зарубежных авторов.

Ключевые слова: свиньи, кровь, белковый обмен, общий белок, альбумин, глобулин, мочевина

Кровь, являясь внутренней средой организма, постоянно циркулирует по замкнутой системе кровообращения, объединяет работу всех систем организма и регулирует обмен веществ. Принимая прямое участие в энергетическом обмене, кровь доставляет к клеткам питательные вещества и кислород, необходимый для процессов метаболизма белков, жиров и углеводов, при этом удаляя продукты обмена. Тесно связанная с продуктивными и племенными качествами животных, кровь не только участвует в гормональной регуляции, но и обладает защитными свойствами [1, 5, 10, 14].

Составляющие крови в организме вовлечены во многие физиологические процессы, в том числе связанные с генами, контролирующими хозяйственно полезные признаки. Исследования интерьерных показателей позволяют лучше познать биологические особенности свиней и использовать их в селекции. Результатами многочисленных исследований подтверждается, что интерьерные показатели организма свиней взаимосвязаны с породной принадлежностью животных и направлением их продуктивности, поскольку определенные параметры крови отражают скорость и характер протекания метаболических процессов [2, 3, 5, 7, 11, 17].

Основной биологической средой организма животных, использующейся в лабораторных методах исследования, способной отражать множественные процессы в организмах изучаемых животных, является кровь [4, 9, 12, 19].

В ходе проведения исследования нами были изучены показатели белкового обмена в сыворотке крови свиней чистогорской породы, которая по направлению продуктивности относится к мясному типу свиней и отличается хорошими показателями скорости роста. При анализе изучаемых показателей белкового обмена нами было определено, что в целом они соответствуют границам нормы, установленным для физиологического статуса и направления продуктивности изучаемых животных (табл.).

Результаты биохимических исследований крови

Показатель	Группа	
	свиноматки (n=100)	норма [12, 19]
Общий белок, g/L	82,16±14,66	55–86
Альбумины, g/L	39,97±5,72	30–50
Глобулины, g/L	42,19±6,11	35–50
Альбумин-глобулиновый коэффициент, усл. ед.	0,95	0,7–1,0
Мочевина, mmol/L	6,81±1,7	3–8

Для определения взаимосвязей биохимических параметров крови с продуктивностью животных большое значение имеет изучение белков крови, поскольку они не только характеризуют уровень белкового обмена в организме, но и выполняют множественные биологические функции. Белки являются пластическим материалом, они имеют первостепенное значение для построения

тканей и органов, роста и развития организма, играют важную роль, связанную с реализацией наследственной информации, поддержанием постоянства осмотического давления, pH крови, активизации химических процессов в организме, образовании иммунитета, а также выполняют трофическую функцию и транспорт веществ, необходимых организму для нормальной жизнедеятельности [1, 13, 16, 17].

В наших исследованиях все показатели сыворотки крови, отражающие состояние белкового обмена, соответствовали границам нормы. Содержание общего белка в крови свиней составило 82,16±14,66 g/L, что может указывать на обеспеченность животных протеином, а его поступление в организм покрывает физиологические потребности и отражает нормальное течение жизнедеятельности организма.

Поскольку содержание общего белка в сыворотке крови в большей степени характеризует общий уровень обеспеченности организма протеинами, нами было изучено содержание альбуминов и глобулинов, которые отражают информацию об уровне белкового метаболизма в организмах изучаемых животных. Концентрация фракций общего белка в крови свиней соответствовала границам нормы и составила для альбуминов 39,97±5,72 g/L, глобулинов — 42,19±6,11 g/L.

Альбумин представляет собой низкомолекулярный белок, который является важным пластическим материалом, способным образовывать комплексы с различными веществами, а также выполняет функцию поддержания осмотического давления, трофическую и транспортную функцию азота [6, 9, 12].

Концентрация альбуминовой фракции общего белка, полученная в наших исследованиях, вполне характерна для мясной породы синей, отличающейся хорошими показателями скороспелости.

Содержание глобулиновой фракции выше среднего значения границ нормы может свидетельствовать о значительном уровне защитных сил организма, так как именно глобулины входят в состав иммунных белков, определяют уровень специфической защиты организма при действии белковых антигенов [6, 19].

Альбумины и глобулины в крови изучаемых животных определили значение альбумин-глобулинового коэффициента (А/Г коэффициент), который составил 0,95 условных единиц. Чем выше белковый индекс (А/Г коэффициент) крови животных, тем интенсивнее в их организме идут процессы биосинтеза белка. Наши исследования показывают, что значение белкового индекса (А/Г) в исследуемой группе животных было достаточно высоким и приближалось к верхним границам нормы, что может являться породной особенностью животных мясного направления продуктивности с хорошими показателями скорости роста [6, 9, 19].

Как известно, основным продуктом распада белков является мочевина. Избыток белка выводится из организма животных посредством реакций дезаминирования с последующим превращением аммиака в мочевину, которая затем выводится из организма почками [6, 12, 18, 19].

В наших исследованиях содержание мочевины находилось в пределах нормы и составило 6,81±1,7 mmol/L, что согласуется с величиной соотношения общий белок / мочевина, отражающей степень задержки белкового азота в организме животных [10], данный показатель в наших исследованиях составил 12,06 усл. ед. [9, 18, 19].

Результаты наших исследований согласуются с многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов, в соответствии с которыми показатели белковых веществ организма являются одними из главных среди всех значений, характеризующих обменные процессы и физиологическое состояние животных. Свиньи отличаются высоким содержанием общего белка в сыворотке крови, что является результатом высокой интенсивности обменных процессов, связанных с ростом мышечной массы [1, 4, 6, 8, 11, 17].

Наличие корреляций между продуктивными качествами и некоторыми показателями белкового обмена и количеством белка в сыворотке крови животных скороспелых пород позволяет говорить о необходимости проведения исследований в этом направлении, но также необходимо отметить, что содержание общего белка и белковых фракций у скороспелых животных связано со спецификой обмена веществ и зависит от многих факторов: возраста, физиологического состояния животного, кормления и т.д. [11, 13, 15, 16, 20, 21].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бирта Г. Белковый состав крови свиней при разной интенсивности выращивания // Свиноферма, 2006. — № 12. — С. 10–11.

2. Большаков Д. С. Биохимические показатели сыворотки крови сельскохозяйственных животных // Ветеринария сегодня, 2015. — № 4–49–56.

3. Величко Л. Биологические предпосылки повышения скорости роста и мясных качеств свиней // Свиноводство, 2008. — № 3. — С. 8–11.

4. Волкова Е. М. Биохимические показатели сыворотки крови молодняка свиней. URL: https://rep.polessu.by/bitstream/123456789/8012/1/3.pdf (дата обращения: 17.06.2021).

5. Гришкова А. П., Аришин А. А., Чалова Н. А. и др. Селекционно-генетические основы промышленной технологии производства свинины : монография. — Кемерово : Кузбассвузиздат, 2015. — 195 с.

6. Гудилин И. И. Интерьер и продуктивность свиней. — Новосибирск, 2000. — 251 с.

7. Евдокимов Н. В., Петров Н. С., Кондратьева Л. В. Взаимосвязь между биологическими особенностями и признаками продуктивности свиней // Уральский научный вестник, 2016. — Т. 6. — № 1. — С. 55–60.

8. Клопов М. И., Арепьев В. В., Першина О. В. Нейрогуморальная регуляция физиологических систем и обмена органических веществ у животных. — М. : Изд-во ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012. — 162 с.

9. Комаров Ф. И., Коровкин Б. Ф., Меньшиков В. В. Биохимические исследования в клинике. — Элиста : АПП «Джангир», 1998. — 250 с.

10. Лодянов В. В., Ганзенко Е. А. Биохимические показатели крови свиней специализированных типов // Научный журнал КубГАУ, 2014. — № 97. — С. 1–10.

11. Максимов Г. В., Косухин И. М. Взаимосвязь продуктивности с интерьером свиней // Актуальные проблемы производства свинины в РФ : материалы науч.-практ. конф. — Персиановский, 2004. — С. 94.

12. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / под ред. И. П. Кондрахина. — М. : КолосС, 2004. — 520 с.

13. Назаренко А. В., Себежко О. И., Андреева В. А. и др. Белковый обмен у свиней кемеровской породы // Вестник НГАУ, 2019. — № 4 (53). — С. 55–64.

14. Николаев Д. В., Кукушкин И. Ю., Ранделин Д. А. Морфологические и биохимические свойства крови свиней канадской селекции // Вестник АГАУ, 2011. — Т. 86. — № 12. — С. 62–64.

15. Погодаев, В. А., Пешков А. Д., Хворостян Р. В. Биохимические показатели крови подсвинков разной кровности по породам СМ-1 и ландрас // Сб. науч. тр. Всерос. научно-исследовательского института овцеводства и козоводства, 2015. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-pokazateli-krovi-pods (дата обращения: 17.06.2021).

16. Себежко О. И., Короткевич О. С., Назаренко А. В. Биохимический профиль свиней кемеровской породы // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса : сб. трудов научн.-практич. конф. преподавателей, студентов, магистратнтов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосибирского ГАУ. Новосибирский государственный аграрный университет, 2016. — С. 250–256.

17. Скрипкин В. С., Трухачев В. И., Квочко А. Н. и др. Показатели белкового и азотистого обмена свиней в течение беременности // Вестник КрасГАУ, 2020. — № 12. — С. 152–155. DOI: 10.36718/1819–4036–2020–12–152–155.

18. Степанов В. И., Федоров В. Х., Тариченко А. И. Стресс-реактивность и биохимические показатели крови свиней разного направления продуктивности // С.-х. биология, 1999. — № 4. — С. 81–85.

19. Физиологические, биохимические и биометрические показатели нормы экспериментальных животных : справочник / под ред. М. Н. Макаровой. — СПб. : ЛЕМА, 2013. — 116 с.

20. Rothschild M. F., Bidanel J. P. Biology and genetics of reproduction // The Genetics of The Pig / Cambridge: CABI, 1998. — P. 313–344.

21. Squires E. J. Applied Animal Endocrinology. — CABI Publishing, 2010. — 234 p.

УДК 636.082.3

ИММУННЫЙ СТАТУС ТЕЛЯТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕГО ПРЕПАРАТА

В. А. Плешков, Т. В. Зубова, А. Н. Миронов

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

Представлены результаты исследования по действию иммуномодулирующего препарата Ронколейкин на организм новорожденных телят черно-пестрой породы в условиях животноводческого предприятия Кемеровской области. Установлено увеличение лизоцимной активности сыворотки крови у телят из опытной группы. ЛАСК в опытной группе составила при рождении 26,8±3,9%, в 30 дней — 41,2±4,5%, разница составила 14,4% ($p<0,05$). Изучение бактерицидной активности сыворотки крови показало, что при рождении этот показатель в опытной группе составил 51,5±3,9%, в возрасте 30 дней — 68,2±4,3%, и разница составила 16,7% ($p<0,05$). Разница между показателями бактерицидной активности сыворотки крови в экспериментальных группах в возрасте 30 дней — 13,9% ($p<0,05$).

Ключевые слова: новорожденные телята, иммуномодулятор, скорость роста, иммунитет, резистентность

Для полноценного роста и развития теленка необходимо соблюдать все нормы и правила, которые предусмотрены технологией выращивания молодняка крупного рогатого скота. Причем для этого необходимо взаимодействие целого ряда факторов, взаимосвязанных между собой и влияющих на увеличение продуктивных показателей крупного рогатого скота. Важнейшими из них являются генетически обусловленные хозяйственно-полезные качества, условия содержания и рациональное кормление животных на протяжении всего периода выращивания. Тем не менее при соблюдении всех вышеперечисленных факторов в нашей стране отмечается низкий уровень сохранности молодняка и остро стоит проблема получения здорового и жизнеспособного потомства. Это может являться одной из причин отсутствия роста поголовья крупного рогатого скота [1, 6].

Для выращивания потомства в хозяйствах используют специально разработанные под каждый период роста схемы выращивания телят, применяют витаминизацию и вакцинацию. Отдельным способом, способствующим развитию сильного иммунитета, можно назвать использование специальных иммуномодулирующих препаратов. Применение иммуномодуляторов способствует оптимизации работы иммунной системы, оказывает благоприятное воздействие на рост и развитие животного, параметры крови, бактерицидную, фагоцитарную и лизоцимную активность. Включение иммуностимулирующей терапии и профилактики заболеваний является важным аспектом для молодняка, у которого только начинает формироваться иммунная система [2, 3, 7, 8].

Поэтому изучение воздействия иммуностимулирующих препаратов на организм молодняка крупного рогатого скота является актуальной задачей в животноводстве.

Целью проведения исследования являлось изучение эффективности воздействия иммуномодулирующего препарата Ронколейкин на параметры крови, характеризующие иммунную защиту и резистентность организма телят.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили на животноводческом предприятии Кемеровской области в 2020 г. При разработке схемы исследования руководствовались инструкцией по использованию изучаемого препарата. С целью изучения эффективности действия препарата были сформированы две экспериментальные группы из новорожденных телят по принципу пар-аналогов. В каждую группу было отобрано по 5 телят с учетом пола, возраста, живой масса и породы (табл. 1). Условия содержания и кормления телят контрольной и опытной групп на протяжении всего периода проведения исследования были аналогичными, предусмотренными технологией животноводческого предприятия.

Таблица 1

Схема проведения исследования

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество голов	5	5
Пол	Телочки	Телочки
Возраст, дней	Новорожденные	Новорожденные
Порода	Черно-пестрая	Черно-пестрая
Живая масса, кг	29,3±1,5	29,7±1,4
Продолжительность, дней	30	30
Схема введения препаратов		В первые сутки после рождения подкожное введение препарата Ронколейкин в дозе 100 000 МЕ на голову однократно

Полученный цифровой материал обработан методом вариационной статистики по Н. А. Плохинскому. Уровни достоверности определены: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

Результаты и их обсуждение. Анализ образцов крови телят позволил установить определенные различия между экспериментальными группами по некоторым изучаемым показателям (табл. 2). Содержание эритроцитов у телят контрольной группы при рождении составило 6,3±0,3 10^{12}/л, в возрасте 30 дней — 6,8±0,5 10^{12}/л, что оказалось выше на 7,94%. При рождении содержание эритроцитов в опытной группе составило 6,2±0,3 10^{12}/л, в 30 дней — 7,0±0,4 10^{12}/л, разница составила 12,9%. В опытной группе исследуемого поголовья за этот период отмечается увеличение эритроцитов по сравнению с контрольной группой на 4,96%.

Таблица 2

Показатели крови телят

Показатель	Группа			
	контрольная		опытная	
	Возраст, дней			
	1	30	1	30
Эритроциты, 10^{12}/л	6,3±0,3	6,8±0,5	6,2±0,3	7,0±0,4
Гемоглобин, г/л	83,7±4,8	86,2±4,6	81,3±3,5	88,1±4,7
Лейкоциты, 10^{9}/л	7,3±0,3	8,4±0,6	7,4±0,2	8,1±0,5
Фагоцитарная активность,%	34,2±2,8	36,3±3,5	31,3±3,7	42,4±4,1
ЛАСК,%	24,9±2,2	30,2±5,4	26,8±3,9	41,2±4,5^{o*}
БАСК,%	50,2±4,5	54,3±4,2	51,5±3,9	68,2±4,3^{o*к*}

Примечание: здесь и далее разница достоверна при * — p<0,05.

У телят контрольной группы содержание гемоглобина при рождении составило 83,7±4,8 г/л, в возрасте 30 дней — 86,2±4,6 г/л, что оказалось выше на 2,98%. В опытной группе при рождении содержание гемоглобина составило 81,3±3,5 г/л, в 30 дней — 88,1±4,7 г/л, разница — 8,36%. Отмечается более интенсивное увеличение содержания эритроцитов в опытной группе исследуемого поголовья по сравнению с контрольной группой на 5,38%.

При рождении содержание лейкоцитов у телят контрольной группы было 7,3±0,3 10^{9}/л, в возрасте 30 дней — 8,4±0,6 10^{9}/л, что оказалось выше на 15,07%. Содержание лейкоцитов при рождении в опытной группе составило 7,4±0,2 10^{9}/л, в 30 дней — 8,1±0,5 10^{9}/л, разница составила 9,46%.

В ходе исследования установлена более высокая лизоцимная активность сыворотки крови у телят из опытной группы. У животных из опытной группы ЛАСК составила при рождении 26,8±3,9%, в 30 дней — 41,2±4,5%, разница — 14,4% (p<0,05). В контрольной группе при рождении данный по-

казатель составил — 24,9±2,2%, в 30 дней 30,2±5,4%, что разнилось на 5,3%. В опытной группе исследуемого поголовья за период исследования отмечается более высокая лизоцимная активность сыворотки крови по сравнению с контрольной группой на 32,44%.

Изучение фагоцитарной активности сыворотки крови показало, что при рождении этот показатель в контрольной группе составил 34,2±2,8%, в возрасте 30 дней — 36,3±3,5% и разница составила 2,1%; в опытной группе при рождении — 31,3±3,7%, в возрасте 30 дней — 42,5±4,1%, разница составила 11,2%. В опытной группе исследуемого поголовья за период исследования отмечается более высокая фагоцитарная активность сыворотки крови по сравнению с контрольной группой на 29,64%.

Результатами исследований бактерицидной активности сыворотки крови животных выявлены более высокие показатели в опытной группе телят в сравнении с контрольной группой. Изучение бактерицидной активности сыворотки крови показало, что при рождении этот показатель в контрольной группе составил 50,2±4,5%, в возрасте 30 дней — 54,3±4,2% и разница составила 4,1%; в опытной группе при рождении — 51,5±3,9%, в возрасте 30 дней — 68,2±4,3%, разница — 16,7% ($p<0,05$). Разница между показателями бактерицидной активности сыворотки крови в экспериментальных группах в возрасте 30 дней составила 13,9% ($p<0,05$).

Анализ результатов, полученных нами в ходе проведенного исследования, позволяет говорить о положительном действии изучаемого препарата. В сравнении с контрольной группой телят лучшие результаты по изучаемым показателям получены в опытной группе при использовании препарата Ронколейкин.

Заключение. На основании проведенных исследований и полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что использование иммуномодулирующего препарата Ронколейкин для молодняка крупного рогатого скота оказывает положительное влияние на иммунный статус телят. На 30 день после введения препарата телятам установлено достоверно большее содержание в крови молодняка опытной группы таких показателей, как бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови. Также можно отметить увеличение числа эритроцитов, гемоглобина и более высокую фагоцитарную активность сыворотки крови. Увеличение этих показателей может указывать на формирование факторов иммунной защиты и резистентности организма. Более высокое содержание лейкоцитов в крови молодняка контрольной группы может свидетельствовать о напряженности иммунитета, а также протекающих инфекционных воспалительных процессах в организмах изучаемых животных [3, 4, 5, 9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гудыменко А. В., Ткачев А. В. Генотипические факторы, влияющие на молочную продуктивность коров // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : мат-лы Междунар. студенческой научной конф., 2021. — С. 40.

2. Коваленко А. М., Кролевец А. А., Ткачев А. В. и др. Применение для ветеринарного препарата АСД-2 микрокапсулирования с использованием L-аргинина // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии, 2019. — № 2 (12). — С. 98–106.

3. Петрова О. Ю., Григорьева В. В. Средства, используемые для повышения защитных свойств организма животного // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК, 2015. — С. 513–518.

4. Почтарь В., Остякова М. Профилактика иммунодефицита телят в постнатальный период // Ветеринария сельскохозяйственных животных, 2020. — № 9. — С. 36–40.

5. Borad S. G., Singh A. K. Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects // International Dairy Journal, 2018. — Vol. 85 — P. 201–210.

6. Boyko N., Tkachev A., Kovalenko A., Pisarev D., Kuznietsova V., Sushchuk N., Bondarev A. Phytochemical, microbiological, and technological studies in the field of obtaining a hydroalcoholic extract with antimicrobial activity from the liquorice root // Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 2019. — Vol. 12. — Iss. 1. — P. 403–407.

7. Gökhan Sayber, M. Kabu. Effects of Two Different Immunomodulators on Calf Diarrhea in Neonatal Calves. Kocatepe Veterinary Journal. 2021. DOI:10.30607/KVJ.868684.

8. Kovalenko A. M., Tkachev A. V., Tkacheva O. L., Gutyj B. V., Prystupa O. I., Kukhtyn M. D., Dutka V. R., Veres Ye. M., Dashkovskyy O. O., Senechyn V. V., Riy M. B., Kotelevych V. A. Analgesic effectiveness of new nanosilver drug // Ukrainian Journal of Ecology, 2020. — № 10 (1). — P. 300–306. DOI: 10.15421/2020_47.

9. Morin M. P. A calf-level study on colostrum management practices associated with adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds // Journal of Dairy Science, 2021. — Vol. 104. — Iss. 4. — P. 4904–4913.

УДК 636.082.35:636.087.7

ВЛИЯНИЕ ТКАНЕВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА НА БЕЛКОВЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ ТЕЛОК В ВОЗРАСТЕ 6 МЕСЯЦЕВ

И. А. Пушкарев

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Представлены результаты исследований, целью которых являлось изучение влияния тканевого биостимулятора на белковый состав сыворотки крови. Научно-хозяйственный эксперимент проведен в 2020 г. на базе АО «Учхоз „Пригородное"» Индустриального района г. Барнаула Алтайского края на ремонтном молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой породы. На основании проведенных исследований установлено, что лучшими значениями отличался молодняк II опытной группы, концентрация в сыворотке крови общего количества белка увеличилась на 2,3% ($p \leq 0{,}01$), альбуминов на 6,7% ($p \leq 0{,}001$).

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ремонтный молодняк, тканевой биостимулятор, обмен веществ, белковый состав сыворотки крови

Первостепенной задачей сельского хозяйства нашей страны является дальнейшее увеличение производства молока, мяса и другой сельскохозяйственной продукции, чтобы удовлетворить потребности населения в биологически полноценных продуктах питания. Повышение продуктивности крупного рогатого скота во многом зависит от того, как организуется сохранность и выращивание молодняка. Выращивание высококлассного ремонтного молодняка в условиях интенсификации молочного скотоводства представляет собой важное звено в системе мер по увеличению численности стада [1].

Периоды раннего постнатального онтогенеза характеризуются высокой пластичностью организма телят, интенсивным обменом веществ, повышенной потребностью в питательных и биологически активных веществах. Хотя процесс индивидуального развития организма генетически детерминирован, но при нарушении технологии содержания изменяется функциональная активность физиологических систем организма, что отражается как на сохранности поголовья, скорости роста, так и на будущей продуктивности [2].

Одним из перспективных путей решения этой проблемы является использование биологически активных веществ: витаминов, минеральных веществ и биостимуляторов, которые обладают выраженной способностью повышать иммунобиологические свойства организма, его сопротивляемость к неблагоприятным факторам внешней среды, увеличивать энергию роста животных в постнатальном онтогенезе [3].

В связи с этим **целью** наших исследований являлось изучение влияния тканевого биостимулятора на белковый состав сыворотки крови ремонтного молодняка.

Материал и методы исследования. Научно-хозяйственный эксперимент проведен в 2020 г. на базе АО «Учхоз „Пригородное”» Индустриального района г. Барнаула Алтайского края на ремонтном молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой породы.

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Согласно схеме исследований, нами по принципу аналогов сформировано 4 группы ремонтных телочек по 10 голов в каждой (табл. 1). При подборе животных учитывали возраст (1 мес.) и живую массу (51,3±1,48 кг). Продолжительность эксперимента составляла 6 месяцев.

Таблица 1

Схема научно-хозяйственного эксперимента по выращиванию ремонтного молодняка

Группа	n	Наименование препарата	Возраст ремонтных телок при введении препарата, мес.	Доза подкожной инъекции препарата, мл/гол.	Кратность введения препарата	Интервалы между введением препарата, дн.
Контрольная	10	Физиологический раствор	1–5 6	3,0 6,0	1	30
I опытная	10	Тканевой препарат	1–5 6	2,0 4,0	1	30
II опытная	10	Тканевой препарат	1–5 6	3,0 6,0	1	30
III опытная	10	Тканевой препарат	1–5 6	4,0 8,0	1	30

Опытная партия тканевого биостимулятора изготовлена из субпродуктов и боенских отходов пантовых оленей по запатентованной технологии. Материалом для приготовления тканевого препарата служили мезентериальные лимфоузлы и средостения, селезенка, печень, матки с плодами (2–3 мес.), плацента, отобранные в асептических условиях во время убоя здоровых животных. Полученный нативный материал помещали в холодильник на 6 суток при температуре +2–+4 °С. Изучаемый препарат прошел необходимые доклинические исследования.

По истечении указанного срока весь материал в равных частях измельчали и помещали в ультразвуковую установку. Отбор проб крови для исследований биохимических показателей проводился у животных в возрасте 6 месяцев на 14 день после последней инъекции из яремной вены в вакуумные пробирки (с активатором сгустка).

В сыворотке крови определяли следующие показатели: общее количество белка — на иммуноферментном анализаторе «ChemWell Combo 2910»; белковые фракции сыворотки крови — нефелометрическим методом по И. П. Кондрахину [4].

Результаты, полученные в ходе эксперимента, подвергали биометрической обработке при помощи программного пакета Microsoft Excel 2016.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследований по влиянию введения тканевого биостимулятора ремонтному молодняку на белковый состав сыворотки крови представлены в таблице 2.

Изучение биохимического статуса крови ремонтного молодняка в возрасте 6 месяцев показало, что пятикратное введение тканевого биостимулятора ремонтному молодняку опытных групп способствовало тенденции в сторону увеличения содержания в сыворотке крови общего белка и альбуминов на 0,6–6,4% в сравнении с аналогичными значениями в контроле.

Наибольшая концентрация альбуминов в сыворотке крови отмечалась у телок II опытной группы, что на 6,4% ($p \leq 0,01$) больше аналогичного значения в контроле. Животные I и II опытных групп по содержанию альбуминов в сыворотке крови также превосходили на 4,6–4,9% ($p \leq 0,01$).

На 14 день после введения тканевого биостимулятора отмечалось повышение количества общего белка в I опытной группе на 1,6 ($p \leq 0,05$), во II на 2,3 ($p \leq 0,01$) и в III на 3,2% ($p \leq 0,05$) соответственно, в сравнении с показателями, установленными у аналогов контрольной группы (табл. 2). В сравнении с предыдущими значениями достоверных изменений по уровню общего белка в сыворотке крови телок подопытных групп выявлено не было.

Таблица 2

Белковый состав сыворотки крови ремонтного молодняка в возрасте 6 месяцев

Показатели	Группа			
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Общий белок, г/л	71,7±0,11 71,4±0,23	72,2±0,43 72,6±0,39*	72,8±1,13 73,1±0,30**	73,1±1,07 73,7±0,82*
Альбумины,%	39,2±1,39 40,3±0,72	43,8±0,61* 44,8±0,61***	45,6±0,43** 47,0±0,39*** (***)	44,1±0,48** 46,2±1,55**
α-глобулины,%	13,2±0,95 15,0±1,09	14,2±0,69 13,0±0,55	12,3±1,04 13,3±0,91	12,6±0,53 13,0±0,42
β-глобулины,%	14,4±0,69 13,4±1,32	12,2±0,88 12,0±0,70	12,5±1,08 11,6±0,45	13,0±0,93 12,6±0,49
γ-глобулины,%	33,3±1,24 31,3±1,82	30,2±1,15 30,2±1,60	29,6±1,51 28,0±1,10	30,2±0,74 28,2±1,29

По уровню альбуминов в сыворотке крови телки II опытной группы имели наибольшее значение, что на 6,7% (p≤0,001) больше, чем в контроле. Животные I опытной группы по концентрации альбумина в сыворотке крови превосходили на 4,5% (p≤0,001), а аналоги III опытной группы — на 5,9% (p≤0,01) аналогов контрольной группы. В сравнении с предыдущими значениями уровень глобулинов в сыворотке крови животных контрольной группы увеличился на 1,1%, в I опытной на 1,0%, во II на 1,4% (p≤0,001), в III на 2,1%. Увеличение концентрации альбуминов при введении тканевого биостимулятора, вероятно, связано с усилением белково-образовательной функции печени.

По содержанию α, β и γ-глобулинов значимых достоверных различий между животными контрольной и опытных групп выявлено не было.

На основании вышесказанного можно заключить, что шестикратное введение тканевого биостимулятора ремонтному молодняку опытных групп с 1 по 6 месяцы выращивания способствовало повышению содержания в сыворотке крови некоторых показателей белкового обмена веществ. Лучшими значениями отличался молодняк II опытной группы, где концентрация в сыворотке крови общего количества белка увеличилась на 2,3% (p≤0,01), альбуминов на 6,7% (p≤0,001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каратунов В.А., Шевченко А.Н., Тузов И.Н. Биологические особенности роста и развития голштинского молодняка австрийской селекции // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграрного ун-та, 2018. — №136. — С. 223–236.

2. Горелик А.С., Горелик О.В., Лиходеевская О.Е. Изменение морфологических и имунологических показателей крови телят при применении Альбит-Био // Животноводство и кормопроизводство, 2018. — №3. — С. 53–58.

3. Шейграцова Л.Н., Курак А.С., Кирикович С.А. и др. Энергия роста, резистентность и сохранность телят при использовании имуномодулирующего комплекса биологически активных веществ // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства, 2015. — №1. — С. 187–195.

4. Кондрахин И.П., Архипов А.В. Ливченко В.И. и др. Методы ветеринарно-клинической лабораторной диагностики. — М. : Колосс, 2004. — 520 с.

УДК 636.4:658

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ ПРОИЗВОДСТВА СВИНИНЫ

О. И. Себежко[1], О. С. Короткевич[1], А. В. Ковалев[1], И. Н. Морозов[2], Д. А. Александрова[1]

[1] Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

[2] Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

Представлены результаты по изучению воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на массу тела и скорость роста свиней раннего возраста скороспелой мясной породы (СМ-1). Выявлен биостимулирующий эффект НИЛИ на живую массу поросят и величину среднесуточных приростов.

Ключевые слова: свиньи, биостимуляция, лазерное излучение, продуктивность, технологические циклы

Введение. Адекватное удовлетворение потребностей человека в экологически чистых и биологически полноценных животных продуктах питания и сырье — это основная задача современного животноводства. Около 40% от всего производства мяса обеспечивается отраслью свиноводства. При этом свиноводство является одной из самых скороспелых отраслей животноводства. По данным Российского союза свиноводов, за последние 5 лет в РФ потребление свинины населением постоянно росло, что связано с ее относительно низкой ценой для покупателя в розничном сегменте торговли. К 2018 г. Российская Федерация вышла на 100%-ное самообеспечение по свинине и в 2019 г. впервые экспорт свинины в нашей стране превысил ее импорт. В 2020 г. отмечался рост собственного производства свинины [1]. При разведении свиней в оптимальных условиях их содержания и кормления животные в полной мере могут реализовать свой генетический потенциал в отношении откормочных и мясных качеств [2].

Отрасль свиноводства наряду с высокой рентабельностью также характеризуется высокими возможностями для внедрения и развития промышленных технологий. Именно промышленные технологии разведения свиней делают возможным внедрение инновационных биотехнологических разработок, проведение автоматизации и цифровизации производственных процессов. В 2020 г. рост производства свинины на 11,8% увеличился на сельскохозяйственных предприятиях, тогда как в крестьянско-фермерских хозяйствах и личных подсобных хозяйствах отмечался спад производства на 5,5% и 4,2% соответственно [1].

На сегодняшний день большинством населения предъявляются достаточно высокие требования к качеству и экологической безопасности продукции животного происхождения. Рынок экологической продукции равняется примерно 50 млрд долларов в год. Такие тенденции вызывают организационные и технологические сложности в производственных циклах свинины. Перспективной проблемой становится снижение применения при выращивании свиней антимикробных и гормональных препаратов, четкие ограничения возможной аккумуляции тяжелых металлов в получаемой продукции [3, 4]. В связи с этим разработка и внедрение в текущий технологический процесс методов биостимуляции, направленных на увеличение продуктивности в свиноводстве, и поиск экологически безопасных методов повышения продуктивности в животноводстве является актуальной задачей [5, 8]. Лазерное излучение достаточно давно используется не только как метод хирургического вмешательства (когерентное электромагнитное излучение), но и в качестве средства биостимуляции и модулирования метаболических процессов, повышения неспецифической резистентности и регенерационных возможностей организма (низкоинтенсивное лазерное излучение). При использовании НИЛИ на ранних этапах онтогенеза соответственно создаются возможности увеличения скорости роста животных и сохранности поросят [2, 6, 7].

Материал и методы. Объектом исследования были поросята скороспелой мясной породы (СМ-1). Животные были разделены на опытную и контрольную группы по принципу аналогов. При этом поросята из гнезда попадали как в опытную, так и в контрольную группы. Поросят опытной группы облучали низкоинтенсивным лазерным излучением на 10, 12, 14 дни жизни. Сроки были выбраны с учетом технологического процесса на свинокомплексе. В эти дни поросята получали ферроглюкин для профилактики железодефицитной анемии. Применяли НИЛИ следующих параметров: экспозиция 4 с, Р 4 Вт, λ 890 нм, частота 150 Гц. НИЛИ с такой длиной волны характеризуется инфракрасным спектром действия. Источник НИЛИ — аппарат «Мустанг-017». В опытной группе облучали область грудины поросят.

Взвешивание поросят проводили в 10, 21, 30, 45, 60, 75 дней. Была определена динамика живой массы и рассчитаны их среднесуточные приросты за периоды 10–21, 10–30, 10–60, 31–60, 10–75 дней.

При статистической обработке полученных результатов применялись стандартные методы описательной статистики. Для оценки полученных экспериментальных данных по нормальному распределению обращались к критерию нормальности Шапиро-Уилка (W). Достоверность различий оценивали с помощью критерия Стьюдента (td-критерий) и критерия Фишера. Использовали программы Microsoft Office Excel 7.0 и Gnumeric 1.12.9.

Результаты исследований и обсуждение. При рождении живая масса поросят составляет менее 1% от массы свиноматок. Среди всех видов сельскохозяйственных животных они самые незрелые. Именно в самом раннем периоде онтогенеза закладывается скорость роста, формируются предпосылки мясной продуктивности на откорме.

Выращивание свиней с высокой мясной продуктивностью необходимо проводить, учитывая биологические особенности роста и развития молодняка. Одним из критических периодов при выращивании поросят является возраст 21 день. В это время происходит активная перестройка иммунитета животных. К 21 дню практически исчезает колостральный иммунитет, а собственная наработка антител еще не достигает достаточного уровня. Биостимулирующие эффекты лазерного излучения, связанные с воздействием на клеточном, тканевом и органных уровнях, способствуют формированию протективных свойств иммунной системы, ускоренному росту поросят и уменьшению негативного воздействие внешней среды.

На момент начала экспериментальных исследований в опытной и контрольной группах поросята имели одинаковый вес (табл.).

Динамика живой массы поросят (кг) при воздействии лазером на область грудины

Возраст, дней	Контрольная группа		Опытная группа	
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	Cv
10	3,09±0,05	23,3	3,09±0,05	23,2
21	4,86±0,07	19,2	4,95±0,06	16,7
30	6,96±0,09	17,9	7,33±0,090**	17,0
45	11,77±0,15	18,5	12,09±0,14	15,8
50	16,16±0,14	11,3	18,28±0,18	13,2
75	21,07±0,19	11,8	24,98±0,23***	12,3

Примечание: * — p>0,95; ** — p>0,99; *** — p>0.999.

При оценке динамики живой массы во все изучаемые периоды отмечаются тенденции по преобладанию живой массы поросят опытной группы над контрольной. Установлено, что в 30-дневном возрасте у поросят опытной группы живая масса была на 5,32% (p>0,999) выше по сравнению животными из контрольной группы. В возрасте же 75 дней преобладание опытной группы в сравнении с контрольной по живой массе было более значимым и составило 18,6%. Более высокая живая масса в периоды после окончания облучения животных характеризует пролонгированное действие низкоинтенсивного лазерного излучения инфракрасного спектра действия на организм поросят.

Заключение. Повышение выхода готовой продукции при производстве свинины непосредственно связано с ростом и развитием поросят в период постнатального развития. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения инфракрасного спектра действия в ранние периоды онтогенеза при трехкратном воздействии на грудину способствует увеличению скорости и интенсивности роста поросят скороспелой мясной породы. Использование НИЛИ в технологических циклах производства свинины позволяет увеличить продуктивные показатели свиней и получать продукцию животноводства высокого качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалев Ю. И. Реальный риск перенасыщения рынка свинины в 2020–2025 гг.: предпосылки, вызовы, возможности // Российское свиноводство 2020–2025 гг.: взгляд в будущее : мат-лы XII Межд. научн.-практ. конф. «Свиниводство 2020», Москва, 3 декабря 2020 г. — М., 2021.

2. Котомина Г. А., Себежко О. И. Влияние лазерного излучения инфракрасного спектра на скорость роста поросят // Вестник Новосибирского гос. аграрного ун-та, 2011. — Т. 4. — № 20. — С. 67–71.

3. Нарожных К. Н., Коновалова Т. В., Петухов В. Л. и др. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герифордской породы в Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования, 2014. — № 6. — С. 1447.

4. Осадчук Л. В., Себежко О. И., Шишин Н. Г. и др. Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области // Вестник Новосибирского гос. аграрного ун-та, 2017. — № 2 (43). — С. 52–56.

5. Сержантова А. И., Себежко О. И. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на биохимические и физиологические показатели поросят с различными поведенческими реакциями // Современные наукоемкие технологии, 2004. — № 2. — С. 23.

6. Себежко О. И., Гарт В. В., Дементьев В. Н. Гематологический статус скороспелой мясной и крупной белой пород свиней в начальный постнатальный период онтогенеза // Достижения науки и техники АПК, 2012. — № 3. — С. 53–55.

7. Себежко О. И. Фонопунктура в терапии бронхолегочных заболеваний: сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства, 2014. — Т. 3. — № 7. — С. 464–468.

8. Себежко О. И., Короткевич О. С., Петухов В. Л. Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2015. — Т. 51. — № 1–1. — С. 136–140.

УДК 663.4

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА МАССУ HERMETIA ILLUCENS

М. С. Талан[1], М. С. Гаевский[2], А. А. Володин[3], И. С. Докучаева[1], Р. М. Папаев[2]

[1] Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

[2] Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана, г. Казань, Россия

[3] Казанский федеральный университет, Химический институт им. А. М. Бутлерова, г. Казань, Россия

Население может достигнуть 9 млрд человек к 2050 г., существует проблема в пищевой безопасности населения и обеспечении главным компонентом — белком. Белок является одним из самых важных составляющих кормов для животноводства, в том числе и в птицеводстве. Личинки мухи *Hermetia Illucens* — отличный источник белка, они конвертируют органические отходы, например отходы пищевых производств — пивную дробину. Нами проведен эксперимент по выявлению набора массы личинками мухи черной львинки.

Ключевые слова: биоконверсия, личинки, *Hermetia Illucens*, корм, пищевые отходы

Введение. Птицеводство на сегодняшний день является самым крупным направлением животноводства. Однако ожидается, что в ближайшем будущем потребность в животном белке возрастет с постоянным ростом численности населения, которая может достигнуть 9 млрд к 2050 г. Помимо всего прочего, на компоненты комбикорма для животных, таких как соевый шрот, может влиять глобальное потепление. С ростом затрат на корма повышается и цена итогового продукта, а с увеличением численности населения необходимо больше белка и соответственно больше корма для птицеводства. Таким образом, появляется актуальность в поиске новых кормов для животноводства [5].

Пищевая ценность насекомых с упором на содержание белков и жиров обсуждалась в нескольких исследованиях [6]. Мука из личинок черного солдата богата белками и жирами, что усиливает возможность ее использования в кормах для животных. На химический состав пищи насекомых может влиять их диета и стадия их развития. В одном исследовании рассматривались четыре типа диет, состоящих из отходов производства пищевых продуктов, оценивалось влияние содержания белков и жиров в рационе на химический состав BSF. Было обнаружено небольшое изменение химического состава BSF. Содержание сухого остатка и сырого протеина колебалось между 33 и 36% и 38 и 46% соответственно, тогда как общее содержание жирных кислот не изменилось [1–4].

Методика выполнения работы. *Условия содержания личинок мух.* Создан инсектарий на базе Казанской государственной ветеринарной медицинской академии. Для насекомых использовались соответствующие культиваторы, условия содержания и кормления специфичны физиологии мухи черной львинки *Hermetia Illucens*.

Черную львинку содержали в клетках размером 60×60×70 см с индивидуальным обогревом и контролем температуры в пределах 26±1 °С и влажности не ниже 70%. Кроме того, яйца выращивались в специализированных инкубаторах с контролем температуры, влажности.

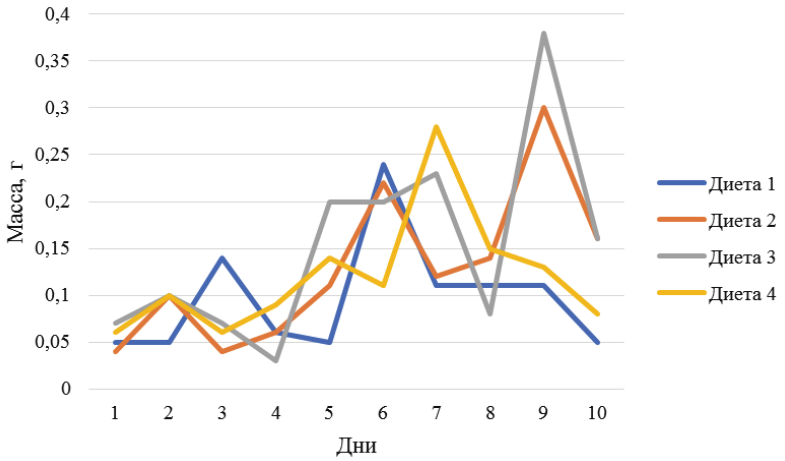
Яйца мух инкубировались ежедневно и создавались группы одного возраста для удобства проведения эксперимента.

Исследования влияния различных диет на личинок мухи черной львинки. В эксперименте были исследованы 4 диеты: диета № 1–100% пивная дробина; диета № 2 — пшеничные отруби 100%; диета № 3 — отруби 50% + пивная дробина 50%; диета № 4 — пищевые отходы (предоставленные столовой КГАВМ) (табл., рис.). Вес в каждой группе также был взят по 25 грамм.

Суточный прирост опарышей мухи черной львинки

Дни \ Диета	Диета 1, пивная дробина 100%	Диета 2, отруби 100%	Диета 3, отруби 50% + дробина 50%	Диета 4, пищевые отходы
1	0,05	0,04	0,07	0,06
2	0,05	0,1	0,1	0,1
3	0,14	0,04	0,07	0,06
4	0,06	0,06	0,03	0,09
5	0,05	0,11	0,2	0,14
6	0,24	0,22	0,2	0,11
7	0,11	0,12	0,23	0,28
8	0,11	0,14	0,08	0,15
9	0,11	0,3	0,38	0,13
10	0,05	0,16	0,16	0,08
Суммарный прирост за 10 дней, г	0,097	0,129	0,150	0,120

Эксперимент проводился с личинками черной львинки двухдневного возраста, они были засеяны на диеты № 1, 2, 3, 4, затем кормление и взвешивание проводилось в течение 10 дней.



Суточный прирост на диетах

В эксперименте рассматривалось четыре диеты. Можно предположить, что при равных условиях развитие опарышей мух черной львинки на различных диетах может отличаться из-за разной микрофлоры, заселенной на пищевые отходы, разного питательного состава отходов, содержания микро- и макроэлементов.

Выводы: инсектарий создан на базе КГАВМ. Получена стабильная популяция мух черной львинки, в частности получены личинки мух 2-дневного возраста. В эксперименте с диетой № 1 (пивная дробина 100%) масса суточного прироста была наименьшей, что может говорить об отрицательном эффекте применения однотипных диет. В диете № 3 (отруби 50% + дробина 50%) результат был максимальным. В диете № 4 мы видим максимальный набор массы предположительно за счет разнообразного состава самой диеты, так как использовались отходы, взятые из столовой КГАВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Akhtar M. S., Riffat S. Field trial of Saussurea lappa roots against nematodes and Nigella sativa seeds againstcestodes in children // J. Pak. Med. Assoc, 1991. — Vol. 41. — P. 185–187.

2. Liu X., Chen X., Wang H., Yang Q., Rehman K., Li W., Cai M., Li Q., Mazza L., Zhang J. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly // PLoS ONE, 2017. — Vol. 12.

3. Oonincx D., Dierenfeld E. S. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey // Zoo Biol., 2012. — Vol. 31. — P. 40–54.

4. Oonincx D. G., Van Broekhoven A. B., Van Huis S. A., van Loon J. J. A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products // PLoS ONE, 2015. — Vol. 10.

5. Smetana S., Schmitt E., Mathys A. Sustainable use of Hermetia illucens insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment // Resources, Conservation and Recycling, 2019. — Vol. 144. — P. 285–296.

6. Van Huis A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. Annu. Rev. // Entomol., 2013. — Vol. 58. — P. 563–583.

7. Booth D. C., Sheppard C. Oviposition of the black soldier fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, masses, timing, and site characteristics // Environ. Entomol., 1984. — Vol. 13. — P. 421–423.

УДК 636.5

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ БИОПРЕПАРАТОВ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

В. Н. Хаустов

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В результате проведенных исследований доказана целесообразность использования астаксантина из красных дрожжей в рационах мясо-яичных кур родительского стада породы плимутрок.

Ключевые слова: родительское стадо, астаксантин, каротиноиды, зоотехнические показатели

Введение. Птицеводство является высокоразвитой отраслью животноводства, которая обеспечивает население ценными и диетическими продуктами питания — яйцом и мясом [1, 2].

Важным фактором в повышении продуктивности птицы и ее сохранности является кормление, при этом большую роль играют как основные питательные вещества (белки, жиры, углеводы), так и биологически активные вещества (витамины, ферменты и др.) [3]. К биологически активным веществам можно отнести астаксантин-каротиноид из группы ксантофиллов.

Астаксантин обладает сильным антиоксидантным действием. При этом он в 10 раз выше активности зеаксантина, лютеина, кантаксантина и бета-каротина и в 100 раз — альфа-токоферола. Астаксантин увеличивает устойчивость клеточных мембран, препятствуя проникновению через липидный слой веществ, способствующих перекисному окислению липидов, а также может обеспечивать дополнительную защиту от повреждений, вызываемых свободными радикалами. Эффективность астаксантина обусловлена структурой молекулы, а также его растворимостью в воде и жирах [4].

Учитывая перечисленную значимость данного вещества, целью наших исследований явилось изучение влияния астаксантина на продуктивные качества мясо-ячных кур родительского стада.

Материалы и методы исследований. Опыт проводили в условиях крестьянско-фермерского хозяйства «ГКФХ Мануйлов Дмитрий Сергеевич» на мясо-яичных курах родительского стада породы плимутрок. Было сформировано две подопытные группы (первая — контрольная и вторая — опытная) по 25 голов.

Как видно из схемы (табл. 1), первая контрольная группа получала основной рацион, который был сбалансирован по всем питательным и биологически активным веществам. Вторая опытная группа получала 99% основного рациона и 1% астаксантина из красных дрожжей. Продолжительность опыта составила три месяца. Содержание птицы напольное, а микроклимат соответствовал требованиям.

Таблица 1

Схема опыта

Группа	Количество птицы, голов	Особенности рациона
1 контрольная	25	Основной рацион (ОР)
2 опытная	25	99% ОР +1% астаксантина

При проведении опыта учитывали такие показатели, как яичная продуктивность, содержание в яйцах каротиноидов и витамина А, сохранность поголовья и результаты инкубации.

Полученные результаты и их обсуждение. Валовой сбор яиц за весь период исследований во второй опытной группе был выше, чем в контрольной, на 6,3%.

Применение астаксантина способствовало и увеличению сохранности птицы. При этом во второй опытной группе данный показатель был выше, чем в контрольной, на 5%.

Результаты анализа полученных яиц приведены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание каротиноидов и витамина А в желтке яиц, мкг/г

Группа	Показатель	Начало опыта	Средина опыта	Конец опыта
1 контрольная	Содержание каротиноидов	4,8	3,5	3,0
2 опытная		4,7	4,4	6,4
1 контрольная	Содержание витамина А	5,0	5,5	4,4
2 опытная		4,9	6,0	5,0

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что в начале опыта содержание каротиноидов и витамина А в желтке подопытных яиц было на уровне 4,7–4,8 и 4,9–5,0 мкг/г, т. е. практически одинаковым в разрезе групп.

В конце исследования содержание каротиноидов в опытной группе превосходило контроль на 113,3%. А по витамину А эти различия в пользу опытной группы составили 13,6%.

По завершению опыта по применению астаксантина в рационах кур родительского стада провели инкубацию подопытных яиц. Установлено, что вывод молодняка во второй опытной группе превышал аналогичный показатель в контрольной группе (82%) на 4,2%.

Существенное повышение вывода молодняка в опытной группе связано с улучшением качества яиц и в первую очередь с содержанием каротиноидов и витамина А в желтке.

Заключение. В результате проведенных исследований пришли к выводу, что применение астаксантина (в дозе 1%) в рационах кур родительского стада способствует повышению яйценоскости, сохранности птицы и существенно улучшает инкубационные качества яиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобылева Г. А., Гущин В. В. Вступая в новый 2020 г., подводим итоги и определяем задачи на будущее // Птица и птицепродукты, 2020. — № 1. — С. 4–6.

2. Фисинин В. И. Птицеводство России — стратегия инновационного развития. — М. : РАСХН, 2009. — 148 с.

3. Хаустов В. Н. Пути повышения продуктивности и естественной резистентности мясной птицы // Барнаул : Изд-во АГАУ, 2002. — 149 с.

4. Деев А. И. Астаксантин — «король» каротиноидов // Метаморфозы, 2019. — № 26. — С. 54–56.

УДК 636.39:637.17

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЗ ЗААНЕНСКОЙ, АЛЬПИЙСКОЙ И НУБИЙСКОЙ ПОРОД

А. С. Щувариков, Е. В. Жукова, О. Н. Пастух
РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В настоящее время наиболее распространенными породами коз в России, которые используются для промышленного получения молока, являются зааненская, альпийская, нубийская. Наиболее высокий удой за 305 дней лактации установлен у коз зааненской породы, который превышал удой коз альпийской породы. При оценке козьего молока необходимо учитывать его отличия от установленных параметров для коровьего молока: более высокое содержание соматических клеток, низкую точку замерзания, несоответствие по алкогольной пробе группам термоустойчивости коровьего.

Ключевые слова: молоко коз, зааненская порода, альпийская порода, нубийская порода, молочная продуктивность, удой за лактацию, массовая доля жира и белка

В мире козье молоко широко используется для производства сыров, йогурта и других кисломолочных продуктов. С учетом физико-химических свойств и некоторых других параметров козьего молока оно считается более приемлемым по сравнению с коровьим для производства продуктов детского питания, так как белки и жиры молока коз из-за строения молекул этих веществ легко усваиваются в организме человека.

Одной из самых распространенных пород коз в молочном козоводстве России является зааненская, наряду с которой в некоторых хозяйствах используются альпийская и нубийская породы. Козы этих пород существенно различаются по показателям продуктивности и составу молока, поэтому возникает необходимость в проведении всесторонней оценки молока коз этих пород для наиболее эффективного и целенаправленного их использования [4, 6].

Для проведения исследований были сформированы 3 группы коз третьей лактации (по 10 голов в каждой группе) зааненской (1 группа), альпийской (2 группа) и нубийской (3 группа) пород. Исследования проводились на базе СПК «Красная Нива» Мытищинского района Московской области, в лаборатории кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, и лаборатории технохимического контроля ВНИМИ. Все животные находились в конце первого — начале второго месяца лактации, условия кормления и содержания коз были одинаковыми. Молочную продуктивность определяли по результатам ежемесячных контрольных доек, показатели качества молока анализировали в индивидуальных пробах и в сборном молоке по группам животных, отбор проб молока проводили на 1–2, 4–5 и 7–8 месяцах лактации коз.

Анализ молочной продуктивности коз разных пород показал (табл. 1), что козы зааненской породы превосходили животных альпийской и нубийской пород по удою за 305 дней лактации и имели по сравнению с ними более высокие среднесуточные удои. При этом достоверное преимущество по удою коз зааненской породы было лишь по сравнению с животными альпийской породы. У коз нубийской породы в сравнении с козами альпийской и зааненской пород установлено превосходство по выходу молочного жира за лактационный период. Колебания массовой доли белка в молоке опытных животных составляли от 2,05 до 4,38%. Животные альпийской породы при самой высокой массовой доле белка в молоке в сравнении со сверстницами других пород имели наименьший его выход за лактацию, что связано с удоем этих животных, который был несколько ниже удоя коз зааненской и нубийской пород.

Массовая доля сухого вещества в сборном козьем молоке колебалась от 11,95 до 13,00%, а массовая доля СОМО — от 8,41 до 8,72% (табл. 2).

При этом наиболее высокое содержание сухих веществ молока было у коз нубийской породы, что объясняется более высоким уровнем в молоке этих животных по сравнению с другими группами коз массовой доли СОМО, жира и лактозы.

Таблица 1

Молочная продуктивность коз

Показатель	Порода коз		
	зааненская	альпийская	нубийская
Удой за 305 дней лактации, кг	630,14	554,17	608,70
Молочный жир, кг	24,33	23,38	26,96
Молочный белок, кг	21,37	19,95	22,21
Среднесуточный удой, кг	2,15	1,76	1,84
Максимальный суточный удой, кг	2,80	2,63	3,08

Таблица 2

Физико-химические показатели молока коз

Показатель		Порода коз		
		зааненская	альпийская	нубийская
Массовая доля,%:	— сухое вещество	12,48	12,52	13,00
	— СОМО	8,41	8,53	8,72
	— жир	4,02	4,22	4,30
	— белок	3,55	3,72	3,61
	— лактоза	4,34	4,41	4,51
Точка замерзания, минус ˚С		0,505	0,517	0,517
Плотность, г/см^3		1,0281	1,0285	1,0289
Титруемая кислотность, °Т		18,67	18,76	19,33
Содержание соматических клеток, тыс./см^3		883,33	677,33	831,00

Минимальное значение точки замерзания молока установлено у коз зааненской породы. У исследованных нами пород коз плотность молока составляла 1,028–1,029г/см^3. Показатель титруемой кислотности молока коз нубийской породы был наивысшим по сравнению с показателями молока коз других пород. Содержание соматических клеток в молоке коз было более 500 тыс./см^3, что превышает показатель, принятый для коровьего молока. При этом в молоке животных альпийской породы содержание соматических клеток было ниже, чем в молоке коз других пород.

Количество витамина А в козьем молоке составляло 0,014–0,016 мг/100 г (табл. 3).

Таблица 3

Содержание витаминов и минеральных веществ в молоке коз

Показатель		Порода коз		
		зааненская	альпийская	нубийская
Массовая доля, мг/100 г:	— витамин А	0,015	0,016	0,014
	— витамин С	1,51	1,53	1,68
	— кальций	204,34	214,53	228,95
	— фосфор	90,26	84,40	99,30
	— калий	170,63	152,11	174,61
	— натрий	54,03	48,67	56,96
Массовая доля, мкг/100 г:	— железо	59,26	75,89	54,65
	— медь	54,84	43,72	53,55
	— марганец	33,35	30,39	30,58
	— магний	11,83	12,51	12,03
	— цинк	364,07	501,55	443,19

Данные о содержании витамина А в молоке коз разных пород подтвердили ранее полученную другими авторами информацию об уровне витамина А в козьем молоке. Установленная разность по содержанию витамина А в молоке коз разных групп была недостоверна. Содержание витамина С в молоке коз нубийской породы было самым высоким и достоверно превосходило содержание витамина С в молоке животных зааненской породы.

В молоке коз нубийской породы по сравнению с козами зааненской породы был выше уровень таких макроэлементов, как кальций, фосфор и цинк, а относительно животных альпийской породы — уровень калия и натрия. Самое высокое содержание микроэлементов — железа и цинка — отмечено в молоке коз альпийской породы.

При определении термоустойчивости молока коз по алкогольной пробе установлено, что коагуляция белков козьего молока происходила под воздействием самой низкой (предусмотренной для коровьего молока) — 68%-ной концентрации спирта, при этом козье молоко выдерживало высокотемпературное воздействие в ультратермостате при 130 ^{0}С в течение 30–37 мин и может подвергаться стерилизации при переработке. Среди изученных нами образцов молока коз разных пород наиболее продолжительное высокотемпературное воздействие в ультратермостате выдерживало молоко коз зааненской породы.

При оценке козьего молока следует учитывать его отличия от установленных параметров для коровьего молока: более высокое содержание соматических клеток, низкую точку замерзания, несоответствие по алкогольной пробе группам термоустойчивости коровьего молока.

Библиографический список

1. Хататаев С.А. и др. Молочная продуктивность, состав и свойства молока коз зааненской породы в разные периоды лактации // Овцы, козы, шерстяное дело, 2015. — № 4. — С. 33–35.

2. Пастух О.Н., Шувариков А.С. Молочная продуктивность и технологические свойства молока коз разных пород // Сб. статей Международной научно-практич. конф., Пенза, 27–28 мая 2015 г. — Пенза, 2015. — С. 106–109.

3. Ерохин А.И. и др. Продукция овец и коз: мясо, молоко и молочные продукты. — Иркутск : ООО «Мегапринт», 2018. — 414 с.

4. Шувариков А.С. и др. Молочная продуктивность и качество молока зааненской породы коз в зависимости от некоторых генотипических и паратипических факторов // Овцы, козы, шерстяное дело, 2010. — № 3. — С. 58–61.

5. Shuvarikov A.S. et al. The quality of milk of goats of Saanen, Alpine and Nubian breeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials, Voronezh, 26–29.02.2020. — Voronezh: IOP Publishing, 2021. — P. 032031. DOI: 10.1088/1755–1315/640/3/032031.

УДК 615.371:636.4

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКЦИН ПРИ ЦВС–2

А. Р. Ягудин, И. Я. Строганова

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

Множество вакцин на рынке дает нам возможность использовать ту или иную вакцину в зависимости от потребностей. Так, отечественное производство Веррес-цирко от компании «Ветбиохим» (РФ) стоит на одном пьедестале с зарубежными производителями. Тем более когда в мире все еще остается распространенным заболевание цирковирус. В статье мы исследовали 2088 поросят после вакцинации, провели расчеты и сравнили показатели цены и качества.

Ключевые слова: цирковирус свиней, ЦВС-2, инфекция, Веррес-цирко, Circovac, IngelvacCircoFLEX, Circumvent, Porcilis, Fostera, вакцина

Введение. Цирковирусная инфекция свиней 2-го типа — это заболевание вирусного характера, вызванное в основном этиологическим агентом послеотъемного мультисистемного истощения свиней (СПМИ). К ЦВС-2 относится достаточно много синдромов, таких как синдром послеотъемного мультисистемного истощения (СПМИ), энтерит, репродуктивные дисфункции, пневмонии. СПМИ регистрируют в основном у поросят от двух до четырех месяцев [1–3].

Заболеваемость при этом может составлять от 4–30% до 50–60%, а летальный исход 40–70%. Цирковирус широко распространен в сельском хозяйстве разных стран, в Европейской части потери в свиноводстве достигают 900 млн евро в год. Лечение молодняка при этом является неэффективным, только проведение профилактических мероприятий способствует здоровому поголовью [3].

Цель исследования. Анализ эффективности зарубежных и отечественных вакцин против ЦВБС.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена в 2020–2021 гг. на кафедре ЭМПиВСЭ института ПБиВМ Красноярского ГАУ, Краевой ветеринарной лаборатории. Была изучена отечественная и зарубежная литература, проведена работа с ветеринарной отчетностью служб по ветеринарному надзору Красноярского края по цирковирусной инфекции свиней.

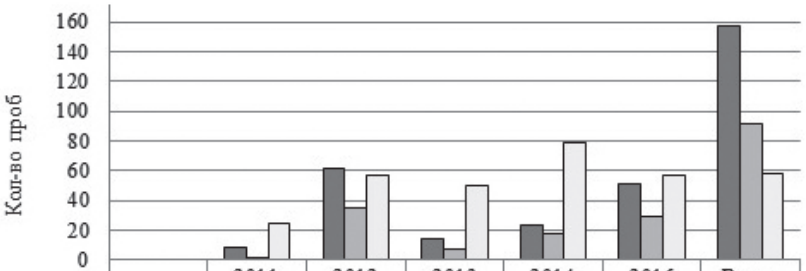
Результаты исследования. Циркуляция ЦВС-2 в свиноводческих хозяйствах Красноярского края в ИФА составила 50%. Выявление генома вируса ЦВС-2 в ПЦР из биоматериала (сыворотки крови, аборт плодов, трупов поросят, препуциальных смывов, спермы хряков-производителей) позволило выявить больных животных и определить неблагополучие хозяйств по цирковирусу свиней в крае (рис. 1). Против ЦВС в РФ вакцинируют 30% свинопоголовья, в Красноярском крае вакцинацию проводят в основном только в крупных свиноводческих предприятиях.

На данный момент для вакцинации против ЦВС-2 свиней используют различные вакцины в зависимости от цены, качества и применения. Так, существуют вакцины иностранного производства: Circovac/ Merial (Франция), IngelvacCircoFLEX/ Boehringeringelheim (Германия), Circumvent/ Intervet (США), Porcilis PCV/Schering-Plough (Нидерланды), Fostera PCV (Suvaxyn PCV2) / Pfizer (США) и отечественного производства: Веррес-цирко / Ветбиохим [4, 5, 7].

В зависимости от применения вакцины могут назначаться свиноматкам с 3-недельного возраста — Circovac; поросятам с 3-недельного возраста — IngelvacCircoFLEX, Circumvent, Porcilis PCV, Fostera PCV; поросятам с 2-недельного возраста, свинкам, ремонтным свиноматкам, хряккам — Веррес-цирко [3, 6–8]. Специфическую профилактику ЦВБС в ряде стран успешно осуществляют инактивированными и рекомбинантными субъединичными вакцинами, которые значительно снижают заболеваемость и гибель поросят в период доращивания и откорма. В нашей стране разработана рекомбинантная субъединичная вакцина Веррес-цирко, не уступающая по эффективности зарубежным аналогам.

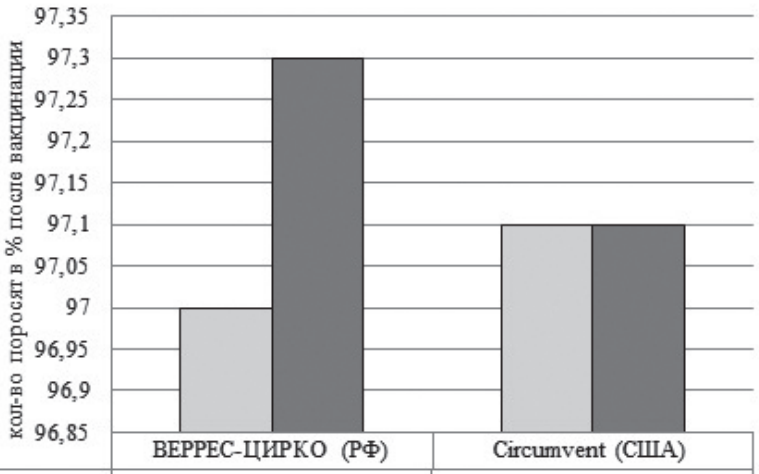
Клинические испытания вакцины Веррес-цирко и зарубежного аналога Circumvent проводили в частном хозяйстве, содержащем 1428 свиноматок. Вакцины ввели в дозе 1 мл внутримышечно; было

иммунизировано каждой вакциной по 1044 поросенка в 24–27-дневном возрасте. По сохранности поросят в период доращивания и откорма судили о преимуществе вакцин (рис. 2).



	2011	2012	2013	2014	2016	Всего
Исследовано в ПЦР проб биоматериала/всего	8	61	14	23	51	157
Исследовано в ПЦР проб биоматериала/положительных	2	35	7	18	29	91
Положительных в %	25	57	50	78,3	56,9	58

Рис. 1. Выявление генома вируса ЦВС-2 в ПЦР в хозяйствах Красноярского края



	ВЕРРЕС-ЦИРКО (РФ)	Circumvent (США)
Сохранность поросят в период доращивания, %	97	97,1
Сохранность поросят в период откорма, %	97,3	97,1

Рис. 2. Сравнительная оценка эффективности вакцин против ЦВБС

Как свидетельствуют полученные данные, сохранность поросят, иммунизированных отечественной вакциной, а также вакциной зарубежного производителя, была практически одинакова. В ценовом отношении Circumvent стоит в расчете на 100 доз дороже на 14 рублей. И при вакцинации только отечественной вакциной у нас было преимущество в сохранности в период откорма на 0,2%, также мы заплатили бы на 282 рубля меньше в расчете на 2088 поросят.

Выводы. Повышение сохранности животных и обеспечение их интенсивного роста и развития — это не только насущная необходимость для мобилизации резервов производства, но и решающий фактор эффективного ведения животноводства. ЦВС-2 еще циркулирует в регионах, а также в Красноярском крае, поэтому вакцинация — все еще вынужденная мера при ведении хозяйства. Конкуренция на рынке препаратов дает нам возможность выбирать все больше качественных и недорогих препаратов, что способствует развитию животноводства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оганесян А. С., Бъядовская О. П., Дудников С. А., Прохватилова Л. Б. Серопревалентность к цирковирусу 2 типа и парвовирусу свиней в Центральном Федеральном округе Российской Федерации // Ветеринарная патология, 2007. — № 4 (23). — С. 91–95.

2. Титова А. Д., Кудин К. В., Прокулевич В. А. Особенности экспрессии белка капсида цирковируса свиней 2-го типа в бактериальных клетках // Журнал Белорусского гос. ун-та. Биология, 2021. — № 1. — С. 48–57.

3. Строганова И. Я., Ягудин А. Р. Цирковирусная инфекция свиней и ее распространение в свиноводческих хозяйствах Красноярского края // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности : сб. научных ст. по итогам II Международной научной конф. Научно-производственное предприятие «Медпромдеталь». — Волгоград, 2021. — С. 68–70.

4. Крюкова Е. Н., Литенкова И. Ю., Чумакова М. С. и др. Аналитический обзор рынка вакцин для профилактики цирковируса свиней в Российской Федерации // Ветеринария, 2020. — № 10. — С. 17–19.

5. Галина Л. Сувакцин PCV MH держит под контролем цирковирус и микоплазму // Свиноводство, 2019. — № 3. — С. 33–34.

6. Булгакова Н. Ф. Влияние вакцинации свиней против синдрома мультисистемного истощения поросят-отъемышей вакциной на основе цирковируса свиней типа 2 на отдельные параметры продуктивности (Польша) // Ветеринария, 2009. — № 4. — С. 970.

7. Кардинал Ф. Уровень гибели свиней на откорме при использовании разных схем вакцинации против цирковируса свиней типа 2 (ЦВС-2) // Свиноводство, 2010. — № 6. — С. 37–38.

8. Раев С. А., Арутюнова М. А., Цибезов В. В. и др. Влияние колострального иммунитета на антигенную активность вакцины «Веррес-цирко» и распределение изотип-специфических антител в иммунном ответе к цирковирусу свиней второго типа // Ветеринария, 2015. — № 11. — С. 26–31.

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ) «ОТ БИОПРОДУКТОВ К БИОЭКОНОМИКЕ»

(23-24 сентября 2021 г.)

Редактор Т.Б. Беломестнова
Подготовка оригинал-макета О.В. Майер
Дизайн обложки: М.В. Белоруков

Издательская лицензия ЛР 020261 от 14.01.1997
Формат 60х84/8. Бумага офсетная.
Усл.-печ. л. 37,2. Тираж 40 шт. Заказ № 516

Типография Алтайского государственного университета
656099 Барнаул, ул. Димитрова, 66