

ЧЕРНОВ РОМАН ВАЛЕРЬЕВИЧ

**СОЗДАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ШАЛФЕЯ ИСПАНСКОГО (*SALVIA HISPANICA* L.), ЧИА
В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор **Казыдуб Нина Григорьевна**

Официальные оппоненты: **Морозов Александр Иванович**,
доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», заместитель директора с совмещением должности руководителя Центра растениеводства

Шевчук Оксана Михайловна,
доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», главный научный сотрудник лаборатории ароматических и лекарственных растений

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»

Защита состоится «24» октября 2024 г. в 15³⁰ на заседании диссертационного совета 35.2.018.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 90, тел.: +7(391)227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Халипский
Анатолий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. На волне импортозамещения в аграрной сфере и общей обеспокоенности населения своим здоровьем все чаще вспоминают о малораспространенных или хорошо забытых культурах, таких как шалфей испанский (*Salvia hispanica* L.), или чиа, которая позиционируется как «суперфуд».

Культура обладает огромным потенциалом как источник питательных и биологически активных веществ, вызывая большой интерес для науки и пищевой промышленности. В 2009 г. Евросоюз счел его семена перспективным видом пищи.

На территории РФ нет занятых площадей под культурой из-за отсутствия форм, способных цвести и образовывать семена при продолжительности светового дня от 12 до 14 часов.

Подбор исходного материала и создание новых форм шалфея испанского будет способствовать расширению ареала возделывания культуры и даст возможность аграрным предприятиям производить собственный органический продукт, обеспечив сырьем местную пищевую, перерабатывающую, фармацевтическую, косметическую и другие отрасли промышленности.

Степень разработанности темы. Интродукцией, изучением морфобиологических особенностей и улучшением генетического материала различных видов из рода шалфей в России и за рубежом в разное время занимались и продолжают: Т.Ю. Гладилина, И.В. Шилова, Н.А. Леонова, А.В. Кузнецова, М.У. Джамбетова, О.К. Кустова, Е.В. Байкова и другие. В частности, шалфея испанского – Н.Г. Казыдуб, А.В. Поварницына, А.В. Шитикова, S.J. Grimes, T.D. Phillips, F. Capezzone, S. Graeff-Hönninger, W. Coates, R. Ayerza и др.

Цель исследований – оценка хозяйственно-ценных признаков генофонда коллекционных образцов шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.) и создание на ее основе нового исходного материала для селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Задачи исследования:

- изучить хозяйственно-ценные признаки коллекционных образцов культуры;
- определить и охарактеризовать этапы онтогенеза коллекционных образцов в южной лесостепи Западной Сибири;
- создать новые адаптивные высокопродуктивные формы культуры для селекции;
- определить биохимический состав и питательную ценность семян и зеленой массы коллекционных образцов шалфея испанского;
- дать оценку декоративной ценности новых форм культуры;
- оценить успешность интродукции культуры и возможность внедрения в производство ее новых форм;
- дать экономическую оценку эффективности новых форм.

Научная новизна исследований. Впервые определены и изучены биологические, морфологические и фенологические особенности коллекционных образцов шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.) в условиях южной лесостепи

Западной Сибири. Выделены ценные генотипы по селекционным признакам для дальнейшей селекции: скороспелости, высокой продуктивности, технологичности, декоративности. Получены первые формы шалфея испанского для южной лесостепи Западной Сибири. Установлена взаимосвязь хозяйственно-ценных признаков. Определено содержание протеина, клетчатки, жира, цинка, калия, фосфора, сахаров в зеленой массе и семенах созданных форм. Исходный материал, полученный на основе коллекции, включен в селекционный процесс.

Практическая и теоретическая значимость работы. Выявлены особенности этапов онтогенеза выделенных образцов, разработаны рекомендации по адаптивной технологии их возделывания. Новые формы шалфея испанского успешно внедрены в органический севооборот учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ и прошли сертификацию как органический продукт (регистрационный номер ОС RU2312.C0093 от 26.12.2023 / код ОК-029 01.11.39). На ГСИ передан первый в РФ сорт шалфея испанского «Сибирский изумруд» (номер заявки 90671 / 7654010 от 01.12.2023 г.). В декабре 2023 г. семена новых форм переданы в отдел генетических ресурсов овощных и бахчевых культур ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР). Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Омский ГАУ при подготовке бакалавров и магистрантов по дисциплинам: «Ботаника», «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур», «Лекарственные и эфиромасличные растения», «Декоративное садоводство».

Методология и методы исследования. Научная методология селекции культуры шалфея испанского основывается на системном подходе к изучаемой проблеме и комплексном рассмотрении. Методологической базой послужили труды зарубежных и отечественных ученых по теоретическим вопросам. Для проведения исследований были заложены лабораторные и полевые опыты. Все учеты и наблюдения осуществлялись согласно методикам: полевого опыта в овощеводстве (С.С. Литвинов, Москва, 2011), Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва, 1989), оценки первичной интродукции Г.П. Семеновой (2001) и сортооценки цветочных декоративных растений В.Н. Былова (1971). Статистическая обработка данных проведена методом дисперсионного, кластерного и корреляционного анализа.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Новый исходный материал с комплексом ценных признаков для селекции шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.) и его созданные формы для возделывания в условиях южной лесостепи Западной Сибири.
2. Корреляционная зависимость между хозяйственно-ценными признаками, позволяющая выделить наиболее важные для повышения эффективности селекционного процесса при создании новых форм шалфея испанского.
3. Экономическая эффективность новых интродуцированных форм шалфея испанского при возделывании в южной лесостепи Западной Сибири.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации,

обоснованы теоретическими решениями и экспериментальными данными, полученными в результате проведения многолетних исследований, базируются на строго доказанных выводах, подтверждаются значительным объемом экспериментальных данных, полученных в результате проведения экспериментов и опытов, заложенных на базе учебно-научной лаборатории селекции, семеноводства полевых культур им. С.И. Леонтьева ФГБОУ ВО Омский ГАУ.

Апробация результатов и публикации. Результаты исследований были представлены на мероприятиях различного уровня (в том числе на международных и всероссийских конференциях): «Актуальные направления развития аграрной науки» (Омск, 2020); конференции, посвящённой юбилею Заслуженного работника высшей школы РФ, доктора технических наук, профессора Гавриловой Н.Б. (Омск, 2020); конференции, посвященной 90-летию кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии Омского ГАУ (Омск, 2021); «Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания» (Омск, 2021); «Молодежь. Наука. Творчество» (Омск, 2021); «Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья», (Омск, 2022); «Тропические и субтропические растения открытого и защищенного грунта» (Ялта, 2022); «Инновации в агрономии как фактор повышения продуктивности сельскохозяйственных культур» (Омск, 2022); «Инновационные решения и тренды развития технологий продуктов здорового питания» (Омск, 2022); «Итоги и перспективы развития сибирского земледелия» (Омск, 2023).

По материалам диссертационной работы опубликовано 13 научных работ, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 2, в изданиях, входящих в международную базу Scopus – 1.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций для селекционной практики, библиографического списка, в который включен 221 источник, в том числе 111 на иностранном языке. Работа изложена на 200 страницах печатного текста, содержит 28 таблиц, 40 рисунков, 20 приложений.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследований, проведении полевых и лабораторных опытов, статистической обработке, обобщении и интерпретации полученных результатов, подготовке научных публикаций и апробации результатов исследований, формировании научных положений и выводов, написании текста диссертации.

В соавторстве с Казыдуб Н.Г., Киньшаковой В.В. и Ариштовичем И.Г. проведены полевые и лабораторные опыты, создание нового исходного материала для дальнейшей селекции культуры шалфея испанского, структурный анализ коллекционных образцов и нового исходного материала, разработана зональная агротехнология возделывания культуры в системе органического земледелия в местных условиях. Анализ литературных данных по проблеме доместикации культуры шалфея испанского в различных эколого-географических регионах проведен совместно с Белозеровой С.И. В соавторстве с Пинкаль А.В. выполнены сбор первичной информации о биологических особенностях, интродукции и селекции культуры шалфея испанского, создание его коллекции культуры на

начальном этапе интродукции. Исследование биохимического состава, количественного содержания фенолов в различных органах растения и антиоксидантной активности изучаемой культуры были проведены в соавторстве с Надточий Л.А.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность и признательность за помощь в выполнении работы, личное руководство и консультации научному руководителю – доктору сельскохозяйственных наук, профессору Нине Григорьевне Казыдуб, а также всему коллективу кафедры агрономии, селекции и семеноводства, лаборатории селекции и семеноводства полевых культур ФГБОУ ВО Омского ГАУ. Родным – за поддержку и понимание.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Шалфей испанский (*Salvia hispanica* L.) как объект исследований (обзор литературы)

В главе проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы, представлены морфологическая, биологическая и генетическая характеристики шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.), особенности и достижения селекции по хозяйственно-ценным признакам данной культуры в мире и Российской Федерации.

Глава 2 Условия, объект и методика проведения исследований

Исследования проведены в учебно-опытном хозяйстве ФГБОУ ВО Омский ГАУ с 2019 по 2022 г. в южной лесостепи Западной Сибири. Почвы опытного поля – лугово-черноземные, с характерным глубинным солонцеванием. Содержание гумуса – 4,23%. Механический состав почв тяжело- и легкосуглинистый с выраженной фракцией мелкого песка.

Метеорологические условия вегетационного периода оценивали по данным, полученным от Гидрометцентра ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Погодные условия в годы исследований различались по количеству и распределению выпавших осадков и температурному режиму.

Объектами исследований являлись 8 образцов различного эколого-географического происхождения (3/18 (Франция), 1/18 (Израиль), 2/18 (Таиланд), 4/18 (Мексика), 5/18 (Колумбия), 6/19 (Аргентина), 7/19 (Эквадор), 8/20 (Парагвай) и, начиная с 2020 г., полученные в ходе отбора в местных условиях 2 новые формы шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.). Стандарт – образец 3/18 (Франция, сорт «Огуго»). Опыты закладывались по «Методике полевого опыта в овощеводстве» (Литвинов, 2011) и «Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (Москва, 1989). Наблюдения, учеты и анализы проводили согласно «Методическим указаниям по изучению мелкосемянных культур» (ВИР, 1975), «Методике фенологических наблюдений» (Бейдеман, 1974), «Оценке перспективности интродукции» (Семенова, 2001), «Оценке

интродукционной устойчивости» (Данилова, 2002) и «Оценке декоративной ценности» (Былов, 1978).

Предшественник в севообороте – чистый пар. Посев проводили вручную на делянках в четырехкратной повторности. Схема посева: ширина междурядья – 75 см, в ряду между растениями – 30 см. Площадь делянки – 15,4 м². Уборка растений проводилась вручную в 4-кратной повторности (общее число учетных растений – 36 шт.).

В 2022 г. механизированный посев семян новых форм проводили селекционной сеялкой СС-11 «Альфа», площадь участка – 0,3 га. Уборка – однофазно комбайном «Terrior 2010».

Посевные качества семенного материала определяли согласно ГОСТам: энергию прорастания и всхожесть – по ГОСТ 12038–84; массу 1000 семян – по ГОСТ 12042–80.

Содержание сахарозы в зеленых листьях и проростках семян проводили на рефрактометре «Refracto 30P». Химический состав зеленой массы и семян был исследован в испытательной сертифицированной лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский».

Статистически обрабатывали экспериментальные данные по методике, заложенной в пособии Б.А. Доспехова (1985), с помощью программ Microsoft Office 2010 и SPSS версии PASW Statistics 8.0.

Глава 3 Оценка коллекционного материала шалфея испанского с целью выделения образцов для селекционной практики

3.1 Начальный этап селекционных работ при интродукции культуры в учебно-опытном хозяйстве Омского ГАУ

На первом этапе нашей исследовательской работы по интродукции шалфея испанского в 2017 г. поступило официальное обращение от научного коллектива Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (г. Санкт-Петербург) по получению семян культуры для использования их в разработке новых продуктов питания.

В России первые полевые опыты по изучению коллекционных образцов шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.) были заложены в 2018 г. в учебно-опытном хозяйстве Омского ГАУ.

3.2 Онтогенез интродуцентов в условиях южной лесостепи Западной Сибири

Процесс интродукции культуры в условиях южной лесостепи Западной Сибири начат в Омском ГАУ коллективом научного направления селекции и семеноводства зернобобовых и овощных культур с небольшой коллекции зарубежных образцов различного эколого-географического происхождения. Согласно литературным источникам, в мире на данный момент насчитывается всего 17 форм культуры шалфея испанского, в коллекции ВИРа – 2 формы.

С использованием методов массового отбора климатипов, семейственно-группового и индивидуально-семейственного отбора круглогодично в условиях открытого грунта (учебно-опытное хозяйство Омского ГАУ), защищенного грунта (зимняя теплица УНПЛ «Садоводство» Омского ГАУ) и Учебно-научной лаборатории селекции и семеноводства полевых культур им. С.И. Леонтьева (фитостеллаж «Стеллар-Фито Line») были получены новые генотипы (формы), стабильно цветущие и плодоносящие при длинном световом дне (12–15 часов) и контрастных погодных условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Особенности развития растений культуры исследовали путем определения сроков прохождения фенофаз (онтогенез). В качестве выделенных образцов для отслеживания стадий индивидуального развития были взяты полученные новые формы культуры – 0/18 и 01/18. В ходе наблюдений за образцами было установлено, что весь период онтогенеза шалфея испанского состоит из 4 этапов: латентного (представлен семенами); прегенеративного периода (проростки, ювенильные, имматурные, виргинильные возрастные состояния); генеративного периода (молодые генеративные, средневозрастные генеративные, старые генеративные возрастные состояния); постгенеративного периода (представлен возрастным состоянием, при котором семена уже были сформированы и вызрели полностью).

Дальнейший поиск подходящего генетического материала при селекции шалфея испанского – важный шаг при попытке его доместикации и дальнейшей возможности выращивания в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

3.3 Лабораторная, полевая всхожесть и сохранность растений

За годы проведения исследований было отмечено, что семена образцов 1/18, 3/18, 4/18, 5/18, 6/19 и 8/20 имели высокую энергию прорастания – от 72 до 100% (рис. 1).

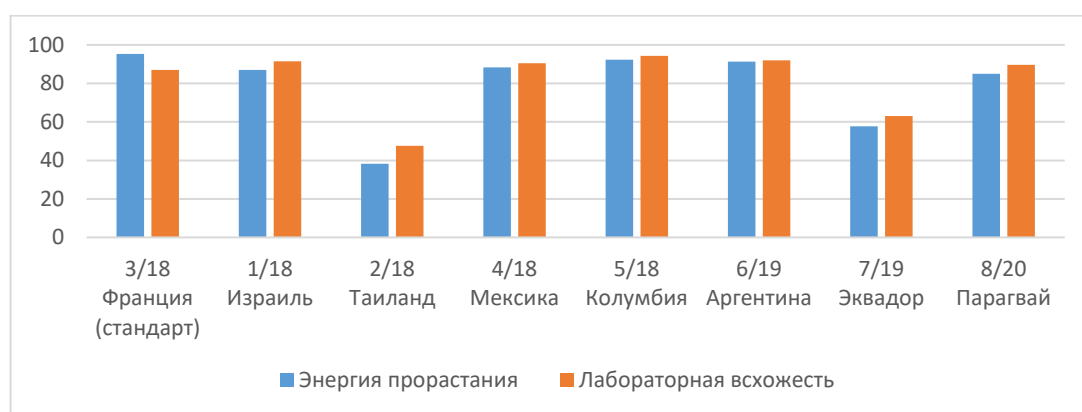


Рисунок 1 – Энергия прорастания и лабораторная всхожесть коллекционных образцов шалфея испанского, 2019-2022 гг., %

Лабораторная всхожесть семян в среднем за годы исследований варьировала от 47 до 94%.

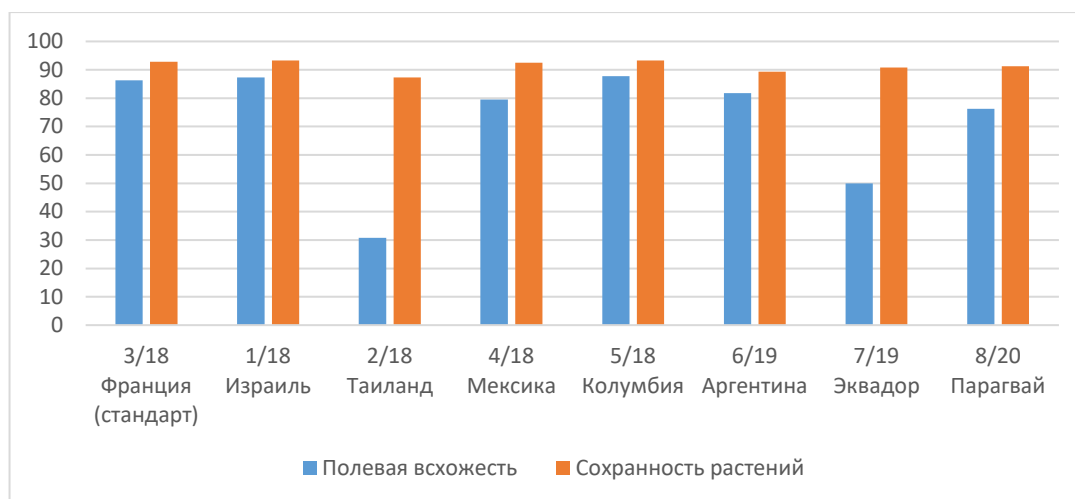


Рисунок 2 – Полевая всхожесть семян и сохранность растений коллекционных образцов шалфея испанского, 2019-2022 гг., %

Высокая полевая всхожесть за годы исследований (рис. 2) отмечена у образцов: 3/18 (82-90%), 1/18 (79-95%), 5/18 (83-90%). Важным критерием оценки коллекционных образцов является сохранность растений в полевых условиях, следует отметить, что в наших опытах она варьировала от 84 (образец 2/18) до 96% (образец 3/18). Научкой и практикой доказано, что семена, прорастающие в первые 3-4 суток, т.е. обладающие высокой энергией прорастания, способны давать урожай более высокий, иногда до 30%, чем семена с низкой энергией прорастания.

3.4 Продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов

Как отмечалось в обзоре литературы диссертационной работы, география возделывания шалфея испанского была ограничена тропиками и субтропиками, поскольку это культура короткого дня.

В нашем опыте при выращивании в открытом грунте начинали образовывать генеративные органы растения у образцов 1/18, 3/18 и 5/18, в последующем их пересаживали в горшки и переносили в теплицу УНПЛ «Садоводство».

Созревание семян в разные годы исследований начиналось в конце сентября-начале октября, вегетационный период составлял от 146 до 170 сут. Важно отметить, что данные образцы (1/18, 3/18 и 5/18) за период онтогенеза прошли все четыре этапа: от прорастания семян до формирования их на взрослой особи.

3.5 Морфометрические показатели коллекционных образцов

По экспериментальным данным, коллекционные образцы культуры шалфея испанского отличались заметным разбегом средней высоты растений по годам исследований: 2019 г. (ГТК – 0,99) – 172-178 см, 2020 г. (ГТК – 0,86) – 91-173 см, 2021 г. (ГТК – 0,68) – 148-177, 2022 г. (ГТК – 1, 01) – 135-172 см (рис. 3).

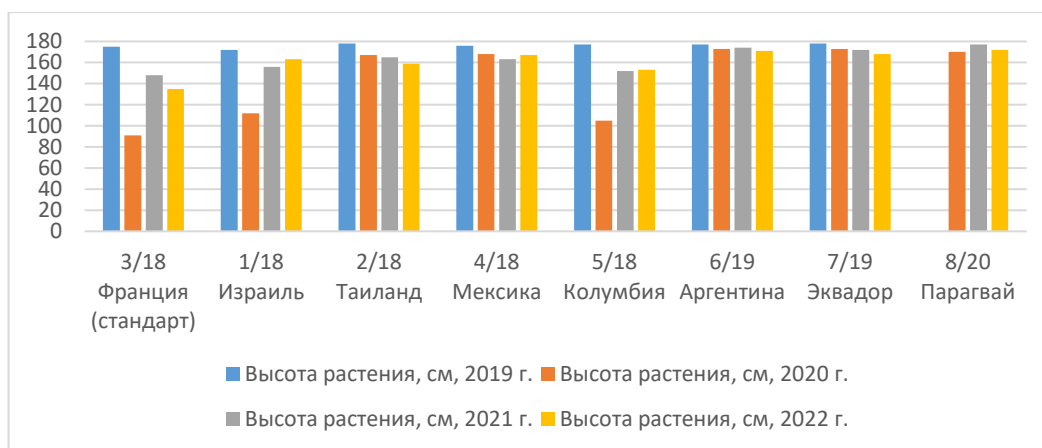


Рисунок 3 – Высота растений коллекционных образцов шалфея испанского, 2019-2022 гг., см

Также в результате исследований установлено, что минимальное количество соцветий у исследуемых растений образца шалфея испанского 3/18 в 2019 г. – 15 шт., максимальное – 53 шт. образовали в 2021 г. У образца 1/18 минимальное количество соцветий – в 2019 г. (11 шт.). Средняя длина цветоносов на растениях образца 3/18 варьировала от 7 (2019 г.) до 13 см (2020, 2022 гг.).

Число цветоносов с растения и их длина у остальных зацветающих образцов с каждым годом постепенно увеличивалось: 1/18 – от 10 до 37 шт. и от 5 до 11 см; 5/18 – от 14 до 42 шт. и от 6 до 10 см (рис. 4).

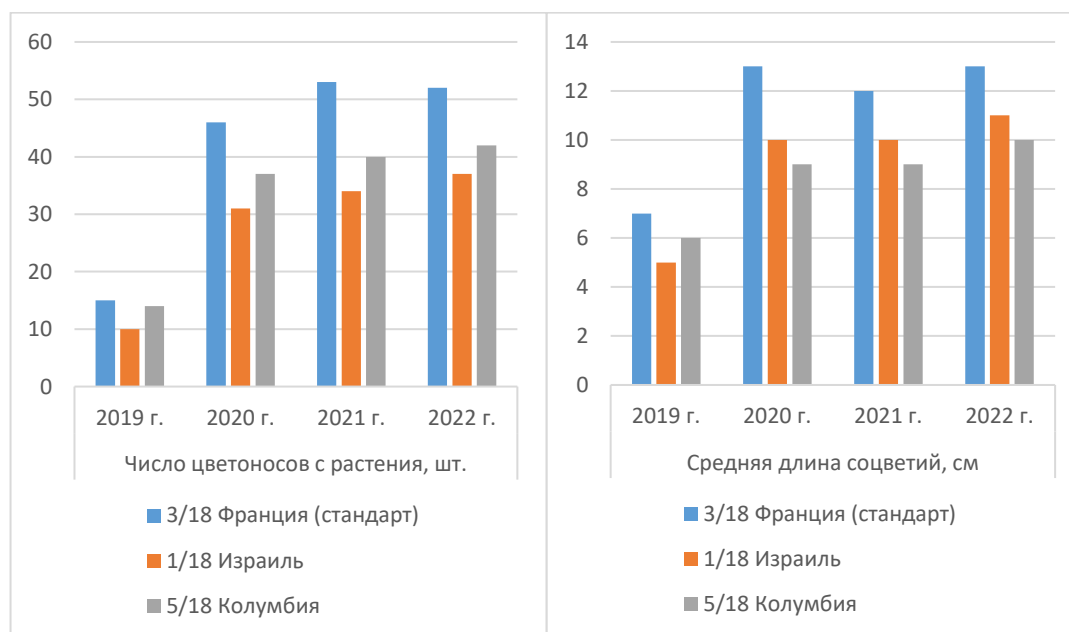


Рисунок 4 – Число цветоносов и их длина на растениях выделенных образцов шалфея испанского, 2019-2022 гг., шт.

Образцы в условиях южной лесостепи Западной Сибири, выделенные по числу генеративных побегов на одном растении, рекомендованы в селекционный процесс в качестве источников.

3.6 Элементы продуктивности выделенных коллекционных образцов

Среднее число семян с цветоноса коллекционных образцов отличалось в зависимости от географического происхождения и возрастало с каждым следующим годом генерации (табл. 1).

Таблица 1 – Семенная продуктивность выделенных коллекционных образцов шалфея испанского при дозревании семян в тепличных условиях, 2019-2022 гг.

Год / образец	3/18 (стандарт)	1/18	5/18	НСР ₀₅
1	2	3	4	5
<i>Число семян с цветоноса, шт.</i>				
2019	15	10	12	1,2
2020	32	24	25	2,7
2021	38	28	30	3,2
2022	59	43	48	5,0
Среднее	36	26	29	3,0
<i>Масса семян с цветоноса, г</i>				
2019	0,03	0,02	0,02	0,002
2020	0,04	0,03	0,03	0,003
2021	0,05	0,04	0,04	0,004
2022	0,08	0,07	0,07	0,007
Среднее	0,05	0,04	0,04	0,004
<i>Масса семян с растения, г</i>				
2019	0,5	0,2	0,2	0,03
2020	1,3	0,7	0,8	0,09
2021	1,9	1,1	1,2	0,1
2022	4,7	2,6	3,4	0,4
Среднее	2,1	1,2	1,4	0,2
<i>Масса 1000 семян, г</i>				
2019	1,39	1,38	1,39	0,1
2020	1,41	1,39	1,40	0,1
2021	1,41	1,38	1,41	0,1
2022	1,41	1,39	1,39	0,1
Среднее	1,40	1,39	1,40	0,1

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод: число семян с цветоноса от первого года посева (2019 г.) до последнего (2022 г.) в данном исследовании увеличилось у образцов: 3/18 – на 44 шт.; 1/18 – на 33 шт.; 5/18 – на 36 шт. Соответственно увеличивалась средняя масса семян с цветоноса и в общем с растения. Наибольшую массу семян с растения в годы исследований показал образец 3/18: 0,5 г (2019 г.); 1,3 г (2020 г.); 1,9 г (2021 г.); 4,7 г (2022 г.). Масса 1000 семян за годы изучения у выделенных трех коллекционных образцов особых различий не имела, варьируя от 1,38 до 1,41 г.

3.7 Содержание сахарозы в зеленой массе и проростках семян коллекционных образцов

Химический состав зеленых листьев и проростков семян у культуры непостоянен и колеблется под влиянием условий выращивания. Анализ содержания сахаров в листьях коллекционных образцов проведен в период выброса первых цветоносов на растениях, установлены различия (рис. 5).

Результаты анализа показывают, что в среднем по образцам содержание сахарозы в зеленых листьях шалфея испанского не превышает отметки в 10,9% у образца 3/18 за годы исследований, а минимальное среднее значение показателя составляет 9,2% у образца 2/18. Максимальное содержание сахаров в листьях наблюдается у образца шалфея испанского 3/18 (13,1% в 2020 г.), минимальное – у образца 2/18 (7,4% в 2019 г.). Растения шалфея испанского наращивают достаточно мощную вегетативную массу, которую можно использовать как корм для КРС, овец, свиней, птицы. В данном направлении продолжают исследования (ИП Чалый, Черлакский район Омской области).

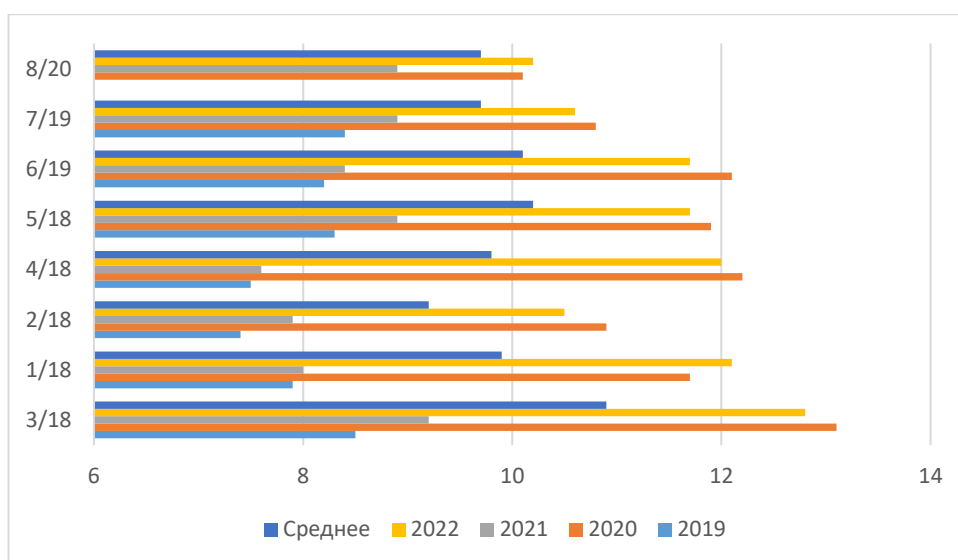


Рисунок 5 – Содержание сахарозы в зеленых листьях коллекционных образцов шалфея испанского, 2019-2022 гг., %

По мнению ученых, индустрия функционального питания – самое перспективное направление в пищевой промышленности в настоящее время. Так, проростки семян с большим содержанием сахарозы могут использоваться в качестве добавки при приготовлении различных блюд. Анализ содержания сахарозы в проростках семян коллекционных образцов представлен на рис. 6.

Проведенные исследования показали, что среднее содержание сахарозы в проростках семян шалфея испанского находилось в пределах от 15,6 (образец 2/18) до 19,8% (образец 1/18). Остальные коллекционные образцы имели промежуточное между данными показателями значение.

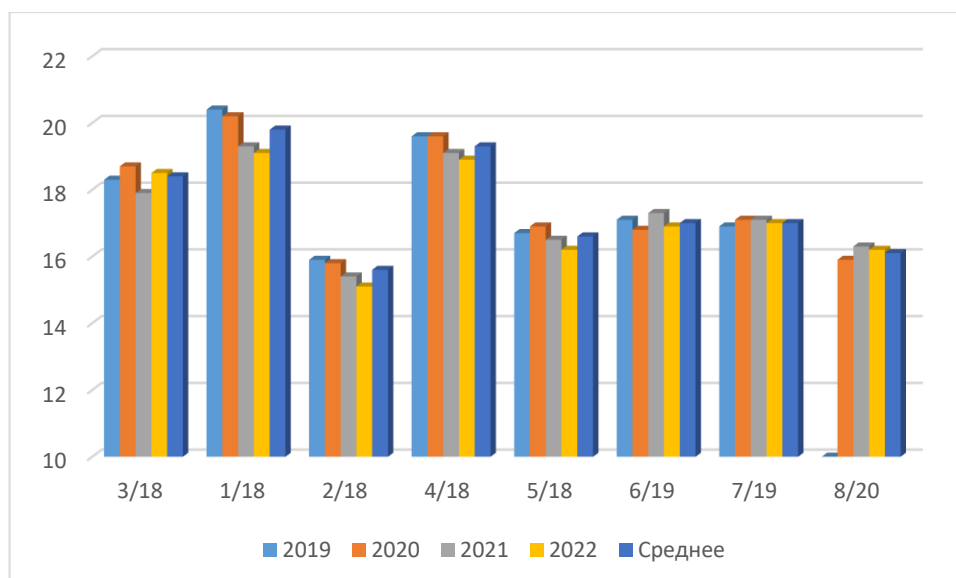


Рисунок 6 – Содержание сахарозы в проростках семян коллекционных образцов шалфея испанского, 2019-2022 гг., %

Представленные результаты следует учитывать при селекции шалфея испанского и разработке модели нового сорта культуры.

3.8 Характеристика перспективных выделенных форм по хозяйственно-ценным признакам в условиях южной лесостепи Западной Сибири

Энергия прорастания новых образцов за годы исследований была высокой (в среднем в пределах 99-100%), как и показатель лабораторной всхожести их семян: уровень от 99 до 100%. Полевая всхожесть варьировала от 71 до 97%. Сохранность характеризует общую выживаемость растений, то есть число сохранившихся к уборке растений. Густота стояния к уборке у новых форм практически не снизилась и была в пределах от 93 (образец 01/18, 2021 г.) до 99% (образец 0/18, 2022 г.).

В ходе непрерывной круглогодичной работы с коллекционными образцами шалфея испанского удалось преодолеть фотопериодическую чувствительность – новые формы способны цвести при продолжительности дня от 12 до 15 часов (табл. 2). Номера 01/18 и 0/18 получены в ходе индивидуального отбора в расщепляющемся потомстве образцов 5/18 (Колумбия) и 3/18 (Франция) соответственно.

Межфазный период образцов от всходов до массового цветения варьировал: у: 01/18 – от 60 до 70 суток; 0/18 – от 53 до 66 суток. Продолжительность вегетационного периода отличалась в зависимости от года исследований; минимальное количество суток показал образец 0/18 в 2020 г. – 126, максимальное – образец 01/18 в 2021 г. – 140 суток.

Высота растений у выделенных форм варьировала в зависимости от года выращивания от 68 (образец 0/18, 2020) до 158 см (образец 01/18, 2021).

Таблица 2 – Продолжительность фенологических фаз и вегетационного периода новых форм шалфея испанского при семенном посеве, 2020-2022 гг.

№	Образец	Полные всходы – начало образования боковых побегов	Начало образования боковых побегов – массовое цветение	Массовое цветение – массовое созревание семян	Вегетационный период
<i>2020 г.</i>					
1	3/18 (стандарт)	27	79	40	146
2	01/18	24	37	69	130
3	0/18	29	26	71	126
<i>2021 г.</i>					
1	3/18 (стандарт)	33	78	42	153
2	01/18	31	42	67	140
3	0/18	30	42	66	138
<i>2022 г.</i>					
1	3/18 (стандарт)	33	79	39	151
2	01/18	34	36	63	133
3	0/18	34	33	62	129

В среднем за годы исследований признак числа цветоносов с растения варьировал от 48 до 85 шт. Максимальный показатель – 85 шт. наблюдался у образца 0/18 в 2020 г., а минимальный – 48 шт. – 01/18 в 2021 г. Средняя длина цветоноса у выделенных образцов находилась в пределах 11-16 см. Среднее число семян с одного цветоноса варьирует от 121 до 187 шт. (табл. 3).

Таблица 3 – Семенная продуктивность новых форм шалфея испанского при семенном посеве, 2020-2022 гг.

Год / образец	3/18 (стандарт)	01/18	0/18	НСР ₀₅
<i>Число семян с цветоноса, шт.</i>				
2020	32	177	187	13,2
2021	38	121	126	9,5
2022	59	142	160	12,0
Среднее	43	147	158	11,6
<i>Масса семян с цветоноса, г</i>				
2020	0,04	0,25	0,29	0,058
2021	0,05	0,17	0,19	0,014
2022	0,08	0,20	0,24	0,017
Среднее	0,06	0,21	0,24	0,020
<i>Масса семян с растения, г</i>				
2020	1,3	19,8	24,3	1,5
2021	1,9	8,2	10,7	0,7
2022	4,7	14,0	18,5	1,2
Среднее	2,6	14,0	17,8	1,1
<i>Масса 1000 семян, г</i>				
2020	1,41	1,43	1,53	0,2
2021	1,41	1,41	1,49	0,2
2022	1,41	1,43	1,51	0,2
Среднее	1,41	1,42	1,51	0,2

Масса семян с цветоноса варьировала от 0,17 до 0,29 г, а масса семян с растения – от 8,2 (образец 01/18, 2021 г.) до 24,3 г (образец 0/18, 2020). Масса 1000 семян: образец 01/18 – 1,41-1,43 г; 0/18 – 1,49-1,53 г. Новые образцы со стабильной урожайностью семян предполагается использовать как источники для дальнейшей селекции.

Исследование химического состава зеленой массы образца 0/18 проводили в сертифицированной лаборатории в 2022 г. (рис. 7).

Выявлена питательная ценность растения в кормовых единицах – 0,78, в его составе содержание кальция – 0,36%, фосфора – 0,46% и цинка – 4,08 мг/кг. Также в зелени шалфея испанского (в пересчете на абсолютно сухое вещество) зафиксировано 17,4% протеина; 4,8% жира; 21,9% клетчатки; 10,1% золы; 6,8% влаги и летучих веществ.

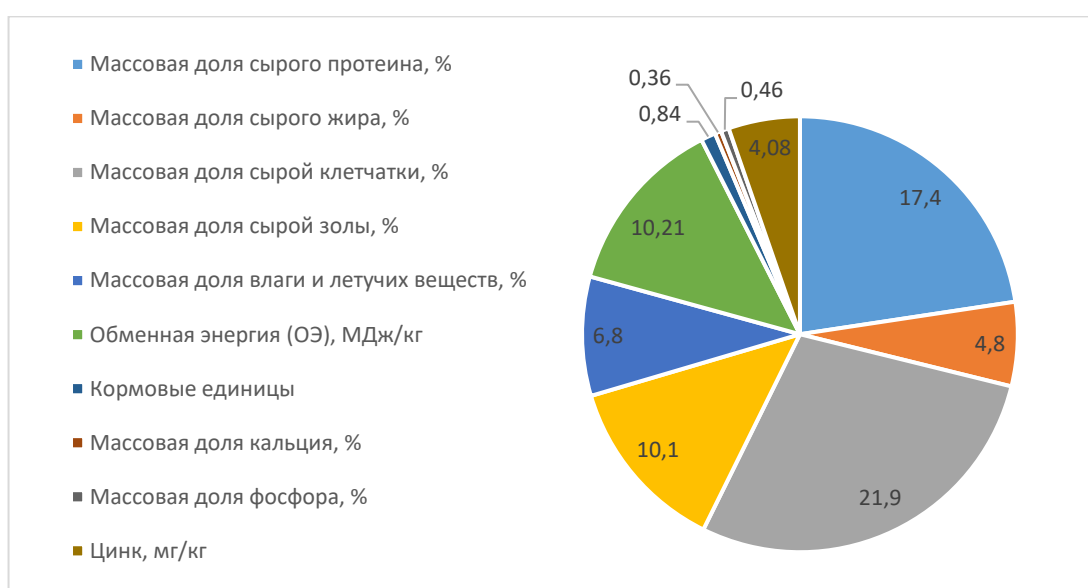


Рисунок 7 – Биохимический состав зеленой массы новой формы 0/18, ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский», 2022 г.

В 2023 г. в лаборатории Международного исследовательского центра «Биотехнологии третьего тысячелетия» НИУ ИТМО были проведены исследования антиоксидантной активности и общего содержания фенолов в разных частях растений шалфея испанского образца 0/18.

Высокое общее содержание фенолов обнаружено в листьях шалфея испанского ($9,183 \pm 0,0625$ мг GAE/г экстракта метанола и $7,809 \pm 0,157$ мг GAE/г экстракта этанола), это более чем в 3,2 раза выше, чем заявлялось другими авторами ранее. Далее следуют стебли растения ($7,819 \pm 0,225$ мг GAE/г экстракта метанола и $6,695 \pm 0,626$ мг GAE/г этанольного экстракта); содержание фенолов в них было определено впервые. В семенах данного образца обнаружено меньше фенольных соединений при сравнении с другими частями растения ($1,669 \pm 0,079$ мг GAE/г метанольного экстракта и $1,614 \pm 0,040$ мг GAE/г этанольного экстракта). Но это количество все же выше, чем в отчетах, представленных ранее другими исследователями. Также по результатам исследований следует, что листья

шалфея испанского обладают наибольшей антиоксидантной активностью (92,24%), за ними следуют стебли (74,43%) и семена (41,35%). Новая форма шалфея испанского 0/18, полученная в Омском ГАУ, может быть потенциальным источником высокого содержания фенолов и антиоксидантов.

Все сказанное позволяет сделать вывод: новая форма перспективна для дальнейшей селекционной работы в качестве исходного материала, рекомендована для возделывания в КФХ, использования в животноводстве и в качестве сырья для разработки БАДов и получения функциональных продуктов питания.

3.9 Оценка декоративной ценности выделенных образцов

В России изучением и применением в качестве декоративного растения шалфея испанского занимались только в ботанических садах.

Шалфей испанский, имея красивую форму листа, высокую облиственность и привлекательное цветение, может служить природным растительным фильтром для очистки воздуха с повышенным содержанием углекислоты в городской среде (рис. 8).



Рисунок 8 – Цветение растений шалфея испанского, образец 0/18, Учебно-опытное хозяйство Омского ГАУ, 15.08.2022 г.

В наших опытах при оценке коллекционных образцов по декоративной ценности зацветающие в условиях южной лесостепи Западной Сибири образцы 0/18 и 3/18 получили 37 баллов из 45 возможных (по пятибалльной шкале) и 93 балла (по столбальной шкале), это свидетельствует о достаточно высокой декоративности растения и возможном его использовании в ландшафтных целях региона.

3.10 Перспективность интродукции коллекционных образцов

Учитывая критерии приспособленности и используя сравнительно-описательную характеристику по методике Г.П. Семеновой (2001), была проведена

оценка перспективности интродукции чиа в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Итоговая сумма баллов (29) позволяет отнести выделенные образцы шалфея испанского 0/18 и 3/18 ко II группе (среднеперспективные, 25-30 баллов).

Таким образом, наши исследования показали, что сумма баллов (11) при оценке интродукционной устойчивости по всем пяти показателям позволяет отнести образцы 3/18 и 0/18 к группе устойчивых (11-13 баллов).

3.11 Показатели корреляционной зависимости и кластерного анализа хозяйственно-ценных признаков

В среднем за годы исследований между хозяйственно-ценными признаками отмечены достоверные положительные и отрицательные корреляционные связи (рис. 9).

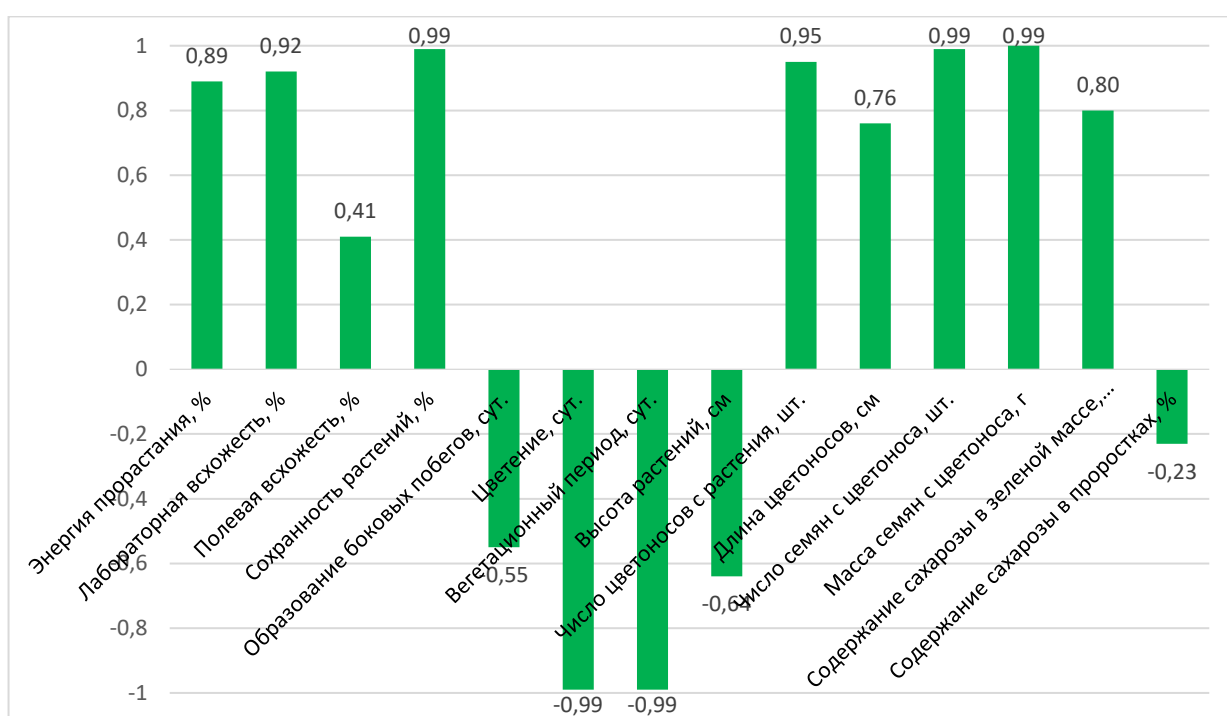


Рисунок 9 – Корреляционная зависимость урожайности и хозяйственно-ценных признаков*, 2020-2022 гг.

*достоверно при значении $p > 0,05$

В результате проведенного корреляционного анализа выявлено, что зависимость между массой семян с растения и другими показателями можно разделить на несколько групп: слабая обратная связь – содержание сахарозы в проростках ($r = -0,23$); средняя прямая связь – полевая всхожесть ($r = 0,41$); средняя обратная связь – образование боковых побегов ($r = -0,55$), высота растения ($r = -0,64$); сильная прямая связь – энергия прорастания ($r = 0,89$), лабораторная всхожесть ($r = 0,99$), сохранность растений ($r = 0,91$), число цветоносов с растения ($r = 0,95$), длина цветоносов ($r = 0,76$), количество семян с цветоноса ($r = 1,0$), масса 1000 семян ($r = 0,87$), содержание сахарозы в зеленой массе ($r = 0,80$); сильная обратная связь – цветение ($r = -0,99$), вегетационный период ($r = -0,99$).

Кластеризация морфометрических признаков шалфея испанского в целом за годы исследований позволила установить, что показатель массы семян с растения образует общий кластер с числом соцветий на растении, длиной цветоноса, количеством и массой семян с цветоноса, свидетельствуя о возможности увеличения урожайности шалфея испанского при целенаправленном отборе по сопряженным признакам (рис. 10).

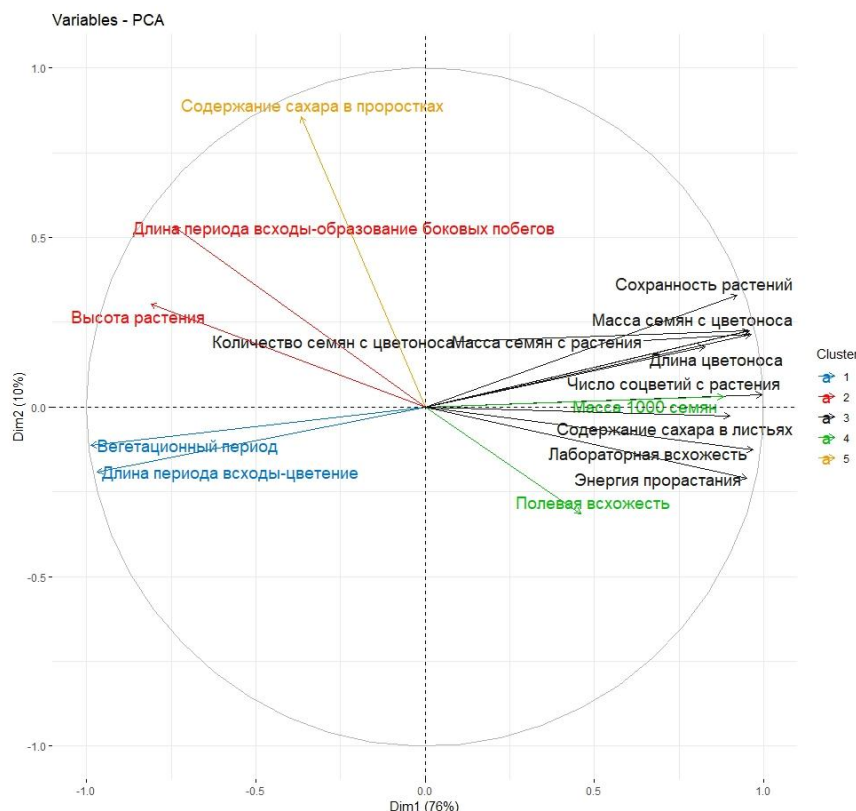


Рисунок 10 – Кластеризация признаков у коллекционных образцов шалфея испанского, 2020-2022 гг.

Анализ главных компонент хозяйственно-ценных признаков шалфея испанского позволил разбить их на кластеры и выделить наиболее весомые, на которые следует обращать особое внимание при селекции культуры.

При создании новых форм культуры в качестве источников высокой продуктивности следует относиться со вниманием к признакам, относящимся к третьему кластеру.

4 Экономическая эффективность возделывания созданных форм в условиях южной лесостепи Западной Сибири

Расчет экономической эффективности возделывания культуры шалфея испанского показал, что, вне зависимости от выделенного образца (0/18 и 01/18), урожайность достаточно высока – 5-6 ц с 1 га, самая низкая урожайность у стандарта (3/18).

Несмотря на достаточно высокие материально-денежные затраты при выращивании однолетней культуры (122,1-122,4 тыс. руб.) стоимость товарной продукции у созданных образцов 0/18 и 01/18 равна 500 тыс. руб.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод: возделывание шалфея испанского, а именно его новых форм, в условиях южной лесостепи Западной Сибири при однофазной уборке экономически выгодно, наибольший уровень рентабельности – 152,8% отмечен у образца 0/18, а у 01/18 данный показатель на уровне 114,5%.

Заключение

1. Проведенные нами экспериментальные исследования и комплексная оценка коллекционных образцов шалфея испанского позволили выделить образцы по источникам хозяйственно-ценных признаков:

- скороспелости: 3/18, 1/18 и 5/18 (от 149 до 165 сут.);
- числу соцветий на растении: 3/18 и 5/18 (31-53 шт.);
- массе семян с растения: 3/18 и 5/18 (2,6-4,7 г);
- содержанию сахарозы в зеленых листьях: 3/18, 5/18 и 6/18 (от 10,1 до 10,9%);
- содержанию сахарозы в проростках семян: 1/18 и 4/18 – 19,3-19,8%.

2. В ходе наблюдений за коллекционными образцами было установлено, что в период онтогенеза шалфей испанский проходит 4 этапа: латентный; прегенеративный, генеративный и постгенеративный.

3. С использованием селекционных приемов были созданы новые формы культуры – 01/18 и 0/18, стабильно цветущие и плодоносящие при длинном световом дне (12-15 часов) в условиях Западной Сибири. Выделенные образцы обладают ценными источниками хозяйственно-биологических признаков, таких как:

- скороспелость: от 126 до 140 сут.;
- посевные качества: энергия прорастания и лабораторная всхожесть – 99-100%; полевая всхожесть – 83,3-86,5%; сохранность – 96,0-97,6%;
- число цветоносов на растении и их длина: 48-85 шт., 11-16 см;
- масса семян с растения: 8,2-24,3 г;
- масса 1000 семян: 1,41-1,53 г;
- содержание сахарозы в зеленых листьях: 12,0-12,2%;
- содержание сахарозы в проростках семян: 17,8-18,0%.
- содержание протеина (31,6-32,0%), клетчатки (20,4-21,9%), цинка (3,8-4,1 мг/кг), кальция (0,34-0,36%), фосфора (0,43-0,46%).

4. Высокое общее содержание фенолов было обнаружено в различных органах нового образца шалфея испанского 0/18: в листьях – $9,183 \pm 0,0625$ мг ГАЕ/г экстракта метанола и $7,809 \pm 0,157$ мг ГАЕ/г экстракта этанола; в стеблях – $7,819 \pm 0,225$ мг ГАЕ/г экстракта метанола и $6,695 \pm 0,626$ мг ГАЕ/г этанольного экстракта; в семенах – $1,669 \pm 0,079$ мг ГАЕ/г метанольного экстракта и $1,614 \pm 0,040$ мг ГАЕ/г этанольного экстракта). Также обнаружено высокое содержание антиоксидантов: листья – 92,24%, стебли – 74,43%, семена – 41,35%. Результаты

исследования показали, что новая форма культуры 0/18 является потенциальным источником высокого содержания фенольных соединений и обладает высокой антиоксидантной активностью.

5. Кластеризация морфометрических признаков шалфея испанского позволила установить, что показатель массы семян с растения образует общую группу с числом соцветий на растении, длиной цветоноса, количеством семян и массой семян с цветоноса, свидетельствуя о возможности увеличения его урожайности при целенаправленном отборе по сопряженным признакам.

6. Созданным новым формам 01/18 и 0/18 даны оценки декоративной ценности – 45 баллов из 50 возможных по пятибалльной шкале и 93 балла по стобалльной шкале.

7. Итоговая сумма баллов интродукционной устойчивости – 11, что позволяет отнести их к группе устойчивых (11-13 баллов); перспективности интродукции – 29 баллов, указывая на их принадлежность ко II группе перспективности (среднеперспективные, 25-30 баллов).

8. Разработана зональная агротехнология возделывания шалфея испанского по системе органического земледелия в условиях южной лесостепи Западной Сибири, показывающая возможность выращивания новых форм в производственных условиях. Средняя урожайность семян в 2022 г. составила 5,7 ц/га.

9. Расчеты экономической эффективности возделывания новых созданных форм шалфея испанского на семена показали, что условный доход с га при урожайности от 0,53 до 0,62 т/га составил 139,9-187,1 тыс. рублей. Наибольший уровень рентабельности отмечен у формы 0/18 – 152,8%.

Созданные новые формы шалфея испанского успешно внедрены в органический севооборот учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ (код сертификата регистрационный номер ОС RU2312.C0093 от 26.12.2023 / код ОК-029 01.11.39). Исходный материал, полученный на основе коллекции, включен в селекционный процесс лаборатории селекции, семеноводства полевых культур им. С.И. Леонтьева по созданию новых сортов шалфея испанского.

Рекомендации для практической селекции и производства

Для повышения эффективности селекционного процесса при создании новых сортов шалфея испанского целесообразно использовать в качестве источников по комплексу хозяйственно-ценных признаков образцы 3/18, 1/18, 5/18 и новые, созданные нами в условиях южной лесостепи Западной Сибири формы – 01/18 и 0/18 с высокими посевными качествами, продуктивностью, технологичностью, декоративностью, интродукционной устойчивостью, антиоксидантной активностью и повышенным содержанием протеина, клетчатки, цинка, кальция, фосфора, сахаров, фенолов.

Для выращивания на семена шалфея испанского в южной лесостепи Западной Сибири рекомендуем новый сорт «Сибирский изумруд» (форма 0/18) с нормой высева 2 кг/га при широкорядном посеве 75 см.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи, опубликованные в изданиях, входящих в международные базы данных, индексирующие научные публикации

1. Kazydub, N.G. Possibilities for the Introduction and Breeding of Chia (*Salvia Hispanica* L.) in the Southern Forest-Steppe of Western Siberia / N.G. Kazydub, A.V. Pinkal, **R.V. Chernov**, L.A. Nadochii // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2022. – vol. 14 (4). – P. 354–369.

Научные статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ

2. **Чернов, Р.В.** Экономическая эффективность возделывания шалфея испанского в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Р.В. Чернов, Н.Г. Казыдуб, Е.В. Фалалеева // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2024. – № 3 (43). – URL: <https://jae.cifra.science/archive/3-43-2024-march/10.23649/JAE.2024.43.8> (дата обращения: 29.03.2024 г.).

3. **Чернов, Р.В.** Характеристика нового исходного материала для селекции шалфея испанского в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Р.В. Чернов, Н.Г. Казыдуб // *Вестник Омского ГАУ*. – 2024. – № 1 (53). – С. 59-67.

Публикации в других научных изданиях

4. **Чернов, Р.В.** Новая культура - чиа (*Salvia hispanica* L.) в Омском ГАУ / Р.В. Чернов // Сборник материалов XXVI научно-технической студенческой конференции, Омск, 16 апреля 2020 года / Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2020. – С. 36-39.

5. Казыдуб, Н.Г. Пищевая ценность малораспространенной культуры чиа (шалфей испанский) / Н.Г. Казыдуб, **Р.В. Чернов** // *Наука и Образование*. – 2021. – Т. 4, № 2. – URL: <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/3432/3426> (дата обращения 29.06.2023 г.).

6. Казыдуб, Н.Г. Возможности интродукции культуры чиа (шалфей испанский) в южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **Р.В. Чернов**, С.И. Белозерова // *Тенденции развития науки и образования*. – 2021. – № 70-2. – С. 104-108.

7. Возможность интродукции шалфея испанского (*Salvia hispanica* L.) в условиях южной лесостепи Западной Сибири / **Р.В. Чернов**, Н.Г. Казыдуб, А.В. Пинкаль, В.В. Киньшакова // Молодежь. Наука. Творчество : Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 09–11 ноября 2021 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2021. – С. 111-114.

8. Казыдуб, Н.Г. Чиа (Шалфей испанский) - богатое наследие цивилизации ацтеков / Н.Г. Казыдуб, **Р.В. Чернов** // Рынок Фуднет: актуальные проблемы, перспективы и решения : Материалы Международной научно-практической конференции посвящённой 90-летию кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии, Омск, 29 декабря 2020 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021. – С. 107-111.

9. **Чернов, Р.В.** Интродукции культуры чиа (*Salvia Hispanica* L.) в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Р.В. Чернов, Н.Г. Казыдуб // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья : Материалы Всероссийской (национальной) конференции, посвящённой 95-летию ботанического сада Омского ГАУ, Омск, 24 марта 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2022. – С. 48-51.

10. Агротехнологические приёмы возделывания *Salvia hispanica* (чиа) в условиях южной лесостепи Западной Сибири / **Р.В. Чернов**, Н.Г. Казыдуб, И.Г. Ариштович, В.В. Киньшакова // Инновационные решения и тренды развития технологий продуктов здорового питания : материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию Заслуженного работника высшей школы РФ, действительного члена РАН, доктора медицинских наук, профессора Высокогорского Валерия Евгеньевича, Омск, 25 ноября 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 106-110.

11. **Чернов, Р.В.** Шалфей испанский – химический состав зеленой массы и перспективы интродукции в условиях Западной Сибири / Р.В. Чернов, Н.Г. Казыдуб // Тезисы Всероссийской научно-практической конференции «Тропические и субтропические растения открытого и защищённого грунта», посвящённой 210-летию Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН и 25-летию кактусовой оранжереи, Республика Крым, июнь 2022 года. – Ялта, 2022. – С. 179-180.

12. **Чернов, Р.В.** Продуктивность семян коллекционных образцов чиа (шалфей испанский) и их качественная оценка / Р.В. Чернов, Н.Г. Казыдуб, И.Г. Ариштович // Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 105-летию агрономического (агротехнологического) факультета и 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Рендова Николая Александровича, Омск, 02 марта 2023 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. – С. 317-320.

13. Gebremeskal, Ye.H. Total phenolic content and antioxidant activity of Spanish Sage (*Salvia hispanica* L.) introduced in the Russian Federation / Ye.H. Gebremeskal, L.A. Nadtochii, N.G. Kazydub, **R.V. Chernov**, Lu W. // Polzunovskiy Vestnik. – 2023. – No. 4. – P. 110-117.