

ТОРМОЗИН
Максим Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ
ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ (*MEDICAGO VARIA* MART.)
СЕЛЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ
СРЕДНЕГО УРАЛА**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Москва
2024

Работа выполнена в Уральском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» и Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»

Научный консультант: **Чернявских Владимир Иванович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»

Официальные оппоненты: **Тимошкин Олег Алексеевич** – доктор сельскохозяйственных наук, обособленное подразделение Пензенский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Дюкова Наталья Николаевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Гаплаев Магомед Шиблуевич – доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр Донской»

Защита состоится «26» декабря 2024 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета 35.2.030.08, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор сельскохозяйственных наук

Е.А. Вертикова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Люцерна – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире по потенциалу производства белка, важности в севооборотах, интенсивности азотфиксации [Лазарев и др., 2019; Косолапов и др., 2015, 2022, 2023 Noroozietal., 2022; Мороз, Спиридонов, 2022; State Agriculture Overview, 2023]. Она занимает в странах с высокоинтенсивным сельским хозяйством и развитым животноводством третье место с точки зрения экономической ценности после сои и кукурузы [Putman D.H. et al., 2017; Adhikari, Missaoui, 2017; Игнатъев и др., 2021 а; Baral et al., 2022; Дюкова и др., 2022; Степанова, 2023].

В общей площади многолетних трав в России, составляющей по данным Росстата 8813 тыс. га, посевы люцерны занимают около 2000-2200 тыс. га, главным образом в сельскохозяйственных предприятиях с интенсивным животноводством. Люцерна является источником протеина в основном корме для 17,5 млн. голов крупного рогатого скота, 20,8 млн. голов коз и овец, а так же производства в убойном весе 1,62 млн. т мяса КРС, 210 тыс. т мяса овец коз и 33,0 млн. т молока [Игнатъев и др., 2021а,б; Регидин и др., 2022; Сельское хозяйство в России..., 2023; Как устроен мировой рынок сена люцерны, 2023].

Корма из люцерны имеют огромный экспортный потенциал, в регионах с острым дефицитом воды и пригодных для ведения сельского хозяйства земель, но активно наращивающих производство молока, основанное на импортировании сена на Ближний восток, Китай и др. По оценкам экспертов до 15-25 % развивающегося мирового рынка сена люцерны, может занять Россия, благодаря ее природно-климатическому потенциалу [У России есть потенциал..., 2024; Завод по производству кормов...2024; Как устроен мировой рынок сена люцерны, 2023].

Основным фактором, ограничивающим рост посевных площадей люцерны в России и необоснованное увеличение сроков использования травостоев – это недостаток семян. Для обеспечения экономически обоснованной площади ежегодного посева люцерны в России (400-450 тыс. га.) необходимо 8000-9000 т семян люцерны. С учетом посевов в фермерских и крестьянских хозяйствах, годовая потребность может увеличиваться до 10-11 тыс. т. Низкая семенная продуктивность люцерны связана в первую очередь с биологией опыления и семяобразования этой культуры, зависящей от распространения специфических опылителей, погодных условий, теплообеспеченности, возможности возникновения конфликта кормовой и семенной продуктивности. [Дзюбенко, 1982; Тимошкин и др., 2013; Игнатъев и др., 2019].

Российская Федерация обладает огромным разнообразием почвенно-климатических условий, в регионах пригодных для возделывания люцерны. Для повышения кормовой продуктивности люцерны в стране необходимо создание линейки адаптированных региональных сортов. На фоне роста кормовой продуктивности новых сортов, проблема семенной продуктивности люцерны продолжает оставаться до конца не решенной. Необходимо гарантированное семеноводство сортов, районированных в различных зонах для максимального сохранения хозяйственно-ценных свойств, полученных в результате селекции [Чернявских и др., 2012; Чернявских, 2016; Косолапов и др., 2021б, 2022; Burezq, 2021; Зотиков и др., 2023].

Создание сортов с гарантированным семеноводством в условиях Среднего Урала, позволяет иметь региональную независимость в семеноводстве люцерны, а так же обеспечивать устойчивыми сортами Сибирь, север Европейской России и другие регионы [Нагибин и др., 2016, 2017; Тормозин, Чернявских, 2022].

Разработка теоретических и экспериментальных основ получения высокопродуктивных сортов люцерны с высокой семенной продуктивностью и урожайностью кормовой массы имеет важнейшее значение для решения проблемы устойчивого производства люцерны в условиях, как Среднего Урала, так и Российской Федерации в целом [Нагибин и др., 2017; Тормозин и др., 2019].

Степень разработанности темы исследования.

Вопросы селекции и семеноводства люцерны, как одной из ведущих мировых кормовых культур, активно исследуют как в России, так и за рубежом. Широко известны работы по морфо-биологии, систематике, генетике, поиску ценных исходных форм люцерны таких ученых как Е.Н. Синская (1950-2003); J.L. Bolton (1962); П.А. Лубенец (1956-1985); А.И. Иванов (1980, 1983); Е.Т. Bingham (1968-2023); П.П. Вавилов (1986); Д.А. Киризий (2007); П.Т. Пикун (2012); Н.И. Дзюбенко (1982-2017); Н.Н. Лазарев (2016, 2019); И.К. Ткаченко (1977-2008); Y. Wang (2013-2020); С.А. Medina (2020, 2021); Е. Small (2011); Н.Ю. Малышева (1997-2020); М.Н.М.Л. Andrade (2022) и др.

Многочисленные исследования посвящены разработке методических и методологических подходов к селекции культуры, включая различные методы индуцированной полиплоидии, мутагенеза, гетерозисной селекции, поликросса и другие, которые нашли отражение в работах J.L. Bolton (1962); Е.Т. Bingham (1968-2023); Т.Н. Busbice (1974-1976); В.П. Головина (1977-2000); А.М. Константинова (1973); В.К. Шумного (1978); Э.В. Квасовой (1978); Г.И. Макарова (1984); R.R. Hill (1983, 1985); Н.А. Боме (1987); Ю.М. Писковацкого (1987-2007); Е.С. Brummer (1999-2008); В.И. Чернявских (2002-2024); О.А. Тимошкина (2017-2023) и др.

Особое внимание уделяют вопросам комплексной селекции на кормовую и семенную продуктивность, устойчивость к био- и абиотическим факторам, технологиям возделывания культуры в различных регионах: К. Lesins (1950-1961); D.W. Wiersma (1997); Е.С. Brummer (1999-2011); S. Popovic (2001); К.Н. Привалова (2007-2014); Т.Н. Дронова (2014-2018); Veronesi (1987-2010); D. Milic' (2011); P. Annicchiarico (2010-2021); X. Liu (2017); L. Adhikari (2018); N. Louwaars (2018-2021); Л.Г. Атласова (2019-2023); М.Ш. Гаплаев (2020-2024); А.М. Спиридонов (2022-2023); и др.

Проблемам симбиотической и фитоценотической селекции посвящены работы М.В. Ибрагимова (1987-2006); В.А. Фигурина (2014, 2016); М.Л. Румянцевой (2015, 2018); Н.Н. Дюковой (2007-2023); Г.В. Степановой (1990-2023) и др.

В работах ведущих ученых намечены актуальные методологические и практические направления развития исследований в области селекции и семеноводства люцерны и показано, что наименее разработанным аспектом является увеличение семенной продуктивности люцерны селекционными методами.

Цель исследования – решение важной народно-хозяйственной задачи повышения кормовой и семенной продуктивности люцерны в условиях Среднего

Урала на основе изучения мировых генетических ресурсов, совершенствования методов создания современных конкурентоспособных сортов, установления закономерностей проявления экономически значимых селекционных признаков и свойств в различных эколого-географических условиях.

Задачи исследования:

1. Изучить селекционную и хозяйственную ценность мировых генетических ресурсов видов люцерны и выявить источники признаков высокой зимостойкости, высокой кормовой и семенной продуктивности в условиях Среднего Урала.

2. Изучить и выделить селекционно и хозяйственно ценные генотипы люцерны, обладающие комплексом признаков и свойств, обеспечивающих высокий автотриппинг, высокое самоопыление и выделить источники этих признаков для использования в селекции на семенную продуктивность.

3. Создать и изучить новый исходный материал люцерны, выявить взаимосвязи селекционных признаков и свойств, обеспечивающих сочетание высокой семенной и кормовой продуктивности в условиях Среднего Урала, создать на его основе новые конкурентоспособные сорта люцерны изменчивой.

4. Изучить созданный селекционный материал и сорта люцерны в различных экологических условиях различных регионов, выявить его устойчивость к «ведьминой метле» люцерны (ВМЛ), оценить связь экономически значимых селекционных признаков с погодными условиями в различные периоды роста и развития растений.

5. Изучить экономическую эффективность возделывания созданных сортов и селекционных образцов в сравнении с наиболее распространенными сортами. Дать экономическое обоснование семеноводства люцерны изменчивой на основе полученных сортов в условиях Среднего Урала и Центрально-Черноземного региона для решения важной задачи обеспечения хозяйств Российской Федерации высококачественными семенами.

6. Внедрить в агропромышленный комплекс созданные сорта люцерны изменчивой с высокой кормовой и семенной продуктивностью в условиях Среднего Урала и других регионов Российской Федерации.

Научная новизна. Впервые на Среднем Урале на основе использования генетических ресурсов различного эколого-географического и генетического происхождения, установления закономерностей проявления экономически значимых признаков и свойств получен селекционный материал люцерны изменчивой, обладающий высокой кормовой продуктивностью, продуктивным долголетием, устойчивостью к неблагоприятным условиям и высокой семенной продуктивностью.

Дано научное обоснование приоритетных направлений селекции люцерны изменчивой на семенную продуктивность в агроэкологических условиях Среднего Урала.

Разработаны приемы и методы создания нового исходного материала люцерны изменчивой с высокой семенной и кормовой продуктивностью на основе самофертильных и автотриппингующихся форм.

Выявлены основные источники повышенной семенной продуктивности люцерны, обладающие комплексом признаков зимостойкости и устойчивости к неблагоприятным агроэкологическим условиям Среднего Урала.

Научно обосновано создание уральского сортотипа люцерны изменчивой, представленного новыми сортами и созданным селекционным материалом. Решена проблема повышения семенной продуктивности люцерны с сохранением ее высокой кормовой продуктивности в условиях Среднего Урала путем создания сложногогибридных популяций на основе самофертильных и автотриппингующихся форм люцерны изменчивой.

Теоретическая значимость. Доказана возможность повышения семенной продуктивности люцерны изменчивой селекционными методами с использованием самофертильных и автотриппингующихся линий и создание на их основе сложногогибридных популяций в условиях короткого вегетационного периода Среднего Урала.

Получены новые знания о процессах семяобразования в популяциях люцерны изменчивой. Выявлена связь селекционных признаков и свойств семенной и кормовой продуктивности люцерны изменчивой с высоким автотриппингом и самофертильностью в условиях Среднего Урала.

Создан селекционный материал и сорта люцерны изменчивой, обладающие рядом признаков и свойств, характеризующихся общностью, но не идентичностью проявления, которые можно охарактеризовать как отдельный региональный уральский сортотип, являющиеся источниками высокой семенной продуктивности в условиях Среднего Урала.

Установлено, что сорта и селекционные образцы люцерны изменчивой уральской селекции с желто-пестрой окраской соцветий обладают повышенной устойчивостью к ВМЛ в регионах с ее распространением. Получены новые знания о формировании устойчивой семенной продуктивности посевов люцерны изменчивой в условиях Среднего Урала.

Установлены основные сортовые особенности формирования продуктивного долголетия люцерны изменчивой в условиях Среднего Урала.

Практическая значимость. Разработан метод ускоренной оценки селекционного материала и ускоренного отбора самоопыленных линий люцерны с высоким автотриппингом и самофертильностью в условиях систем ускоренного вегетативного размножения растений (СУВРов), с последующим созданием на их основе сложногогибридных популяций люцерны изменчивой с высокой кормовой и семенной продуктивностью.

Создан уральский сортотип люцерны изменчивой, сорта которого способны формировать стабильный урожай семян, обеспечивающий экономическую эффективность семеноводства в условиях Среднего Урала, а так же обладающие устойчивостью к ВМЛ в зонах ее распространения.

Созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений сорта люцерны изменчивой Уралочка и Виктория, обладающие высокой семенной и кормовой продуктивностью, как в условиях Среднего Урала, так и в других регионах Российской Федерации. Сорт Уралочка включен в Государственный реестр селекционных достижений по Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Уральскому

(9), Западно-Сибирскому (10), Восточно-Сибирскому (11) регионам. Сорт Виктория включен в Государственный реестр селекционных достижений по Северо-Западному (2), Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7), Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10), Восточно-Сибирскому (11) регионам. Передан в Государственное сортоиспытание новый сорт люцерны изменчивой с рабочим названием Памяти Нагибина (селекционный номер СГП-2).

Доказано, что на Среднем Урале возможно ведение экономически эффективного семеноводства люцерны на основе полученных теоретических разработок, практических знаний и новых сортов.

Полученные данные используются в ряде теоретических и прикладных исследований, в лекционных курсах по селекции и семеноводству сельскохозяйственных растений, читаемых в высших учебных заведениях Урала, а также при подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Организовано семеноводство сортов на основе лицензионных договоров с промышленными партнерами.

Положения, выносимые на защиту:

1. Селекционная и хозяйственная ценность исходного материала видов люцерны различного географического происхождения и источники признаков зимостойкости, высокой кормовой и семенной продуктивности люцерны в условиях Среднего Урала

2. Селекционно и хозяйственно-ценные генотипы люцерны, источники признаков высокого автотриппинга и способности к самоопылению в условиях Среднего Урала.

3. Уральский сортотип люцерны изменчивой, представленный в агропромышленном комплексе России сортами Уралочка, Виктория, переданным в Государственное сортоиспытание сортом Памяти Нагибина и созданным новым перспективным материалом для дальнейшей селекции.

4. Урожайные свойства, характеризующие семенную и кормовую продуктивность созданного селекционного материала и сортов люцерны изменчивой, их устойчивость к ВМЛ в условиях Среднего Урала и Центрально-Черноземного региона.

5. Экономическая эффективность созданных сортов и нового перспективного селекционного материала люцерны изменчивой уральской селекции при возделывании на семена и кормовую массу в условиях Среднего Урала и Центрально-Черноземного региона, как потенциальных зон размещения товарного семеноводства новых сортов.

Степень достоверности результатов исследований подтверждена экспериментальными данными, полученными в многолетних полевых и лабораторных исследованиях, селекционных питомниках, питомниках конкурсного сортоиспытания и сравнительных испытаниях созданного селекционного материала в различных регионах страны. Достоверность полученных результатов подтверждена данными дисперсионного, корреляционного анализов и успешным внедрением в производство.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности. Диссертационное исследование соответствует пп. 2, 4, 5, 15 паспорта специальности 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений.

Апробация результатов исследований. Основные положения и результаты диссертации в 2005-2024 гг. ежегодно докладывались на региональных, всероссийских и международных конференциях, в том числе: Совещание Министерства сельского хозяйства и продовольствия Свердловской области по луговому кормопроизводству (Екатеринбург, 2005); Международная научно-практическая конференция «Селекция сельскохозяйственных культур на высокий генетический потенциал, урожай и качество» (Тюмень, 2012); Международный семинар «Современные подходы к научному обеспечению кормопроизводства Среднего Урала» (Екатеринбург, 2015); IV Вавиловская Международная конференция «Идеи Н.И. Вавилова в современном мире», посвященной 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова (С.-Петербург, 2017); XIX специализированная выставка Агрофорум 2018 (Екатеринбург, 2018); Межрегиональная научно-производственная конференция «Сортовая политика и современные технологии производства зерновых и кормовых культур в Поволжье и на Урале: теория и практика» (Республика Башкортостан, с. Большеустыкинское, 2019); Международный конгресс по кормам (МО, Лобня, 2022, 2023, 2024) и другие. Результаты исследований используются на практике и приняты к внедрению в производство в различных регионах России.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. По результатам исследований опубликовано 57 научных работ, в том числе в рецензируемых изданиях ВАК – 15; Scopus, WoS – 1; получены 2 авторских свидетельства и 2 патента на селекционные достижения; подготовлены в соавторстве 3 монографии, в прочих изданиях (РИНЦ) опубликованы 34 работы.

Личный вклад автора. Автором самостоятельно разработана программа исследований, и методические подходы по ее практической реализации. Результаты исследований получены при непосредственном участии автора. Автором самостоятельно выполнен обзор литературы, проведен анализ полученных данных, расчеты экономической эффективности, математическая обработка полученных результатов и литературное оформление текста работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 319 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 22 рисунка, 64 таблицы, заключения, принятых сокращений, списка литературы, включающей 484 наименования, в том числе 208 – на иностранном языке и 56 приложений.

Автор диссертации выражает благодарность за помощь при подготовке диссертации научному консультанту – д. с.-х.н., проф. В.И. Чернявских; директору ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, член-корр. РАН, д. с.-х.н., Н.Н. Зезину; своему учителю и наставнику к.с.-х.н. А.Е. Нагибину; научному руководителю ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», академику РАН, д. с.-х.н., проф. В.М. Косолапову; за организацию проведения экологического сортоиспытания сортов и селекционных образцов люцерны в Белгородской области ЦЧР главе ИП «Мавродин С.А.»; коллективу отдела селекции и семеноводства многолетних трав Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, а также руководителям и специалистам сельскохозяйственных организаций.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Обоснована актуальность исследований, установлена степень разработанности темы диссертации. Определена основная цель, задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Сформулированы положения, выносимые на защиту, определена степень достоверности результатов исследований, а так же установлена степень соответствия темы диссертации паспорту научной специальности.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ЛЮЦЕРНЫ

В главе на основе современных литературных источников проведен анализ распространения люцерны в мире и России. Определено народно-хозяйственное значение культуры. Проанализированы современные методы селекции. Охарактеризованы успехи современной науки в селекции люцерны на кормовую продуктивность, качество корма, устойчивость к болезням и вредителям, а так же изложены основные методы и достижения селекции на семенную продуктивность.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные исследования проведены в 1993–2021 гг. в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН).

Почва опытных участков – серая лесная тяжелосуглинистая. Содержание в пахотном горизонте: гумуса (по Тюрину) – 3,51...4,30 %, легкогидролизуемого азота (по Корнфильду) – 98...113 мг/кг, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову в модификации ЦИНАО) – 325...510 мг/кг и 39,2...84,0 мг/кг почвы соответственно, сумма поглощенных оснований (по Каппену) – 24,2...25,1 мг-экв./100 г почвы, кислотность солевой вытяжки (по методу ЦИНАО) – 5,07...5,23 ед. рН, гидролитическая кислотность (по Каппену в модификации ЦИНАО) – 3,05...5,85 мг-экв./100 г почвы.

За 31-летний период исследований, как засушливые и очень засушливые, можно оценить 3 года (10 %) 1995, 2016, и 2021 гг. с уровнем ГТК в пределах 0,5–0,9 ед. Как слабо-засушливые характеризовались 3 года: 1992, 2004, 2010 гг. Среднее значение ГТК составляло 1,17. Нормальной влагообеспеченностью характеризовались 10 лет (32 %): 1994, 1996, 2003, 2005, 2009, 2011, 2012, 2013, 2018, 2020 гг.

В среднем за период май-сентябрь ГТК составил 1,43, что соответствовало среднегодовому значению. Как избыточно-влажные по уровню ГТК со средним его значением 1,99 в период май-сентябрь характеризовались 48 % или 15 лет, в том числе: 1991, 1993, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2006, 2007, 2008, 2014, 2015, 2017, 2019 гг.

Экологическое изучение полученных сортов и селекционных образцов проводилось в Белгородском районе Белгородской области. Совместные исследования ФНЦ «ВИК им В.Р. Вильямса» и ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН проведены на базе селекционно-семеноводческого предприятия ИП «Мавродин С.А.» (с. Драгунское). Почва опытного участка – чернозем типичный. Содержание гумуса – 4,7...5,0 % (по Тюрину), $pH_{\text{сол.}}$ – 6,5...6,8, содержание P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 120...125 мг/кг и 170...190 мг/кг соответственно.

В период проведения исследований, по данным метеостанции Гонки (Белгородский район), складывались различные, в основном засушливые погодные условия. В год посева (2019 г.) в период с температурой более 10 °С выпало 288,6 мм осадков (ГТК=0,79), в 2020 г. – 302,4 мм (ГТК=0,99), в 2021 г. – 273,2 мм (ГТК=0,95), в 2022 г. – 399,6 мм (ГТК=1,38).

Методологической основой проведения исследований служили фундаментальные работы Н.И. Вавилова (1931, 1938, 1987), Е.Н. Синской (1940, 1948, 1950, 1964, 2003) о теоретических основах популяционного разнообразия люцерны, ее видообразования, экотипах, по экологической генетике культурных растений А.А. Жученко (2001, 2003, 2012). Методической основой проведения селекционного процесса послужила усовершенствованная нами четырехзвенная схема ускоренного поликросса по И.К. Ткаченко и др. (2005), с включением процесса оценки селекционного материала в зимний период времени в условиях защищенного грунта с выращиванием на стеллажах ускоренного выращивания растений (СУВР) (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Общая схема селекционного процесса

Полевые опыты, учеты наблюдения и оценки проводили в соответствии с общепринятыми методическими указаниями по селекции многолетних трав и

изучению коллекций [Методические указания ..., 1973, 1978, 1985, 1986, 1997; Методические рекомендации..., 2008].

Коллекционные питомники первичного изучения исходного материала. Изучено 570 селекционных образцов мировой коллекции люцерны с целью выявления сортов с потенциально более высокой семенной продуктивностью, по сравнению с сортами Северная гибридная 69 и Красноуфимская 6.

Коллекционный питомник выделившихся сортов и селекционных образцов (1991-1993 гг.). В питомнике оценивали сорта и селекционные образцы мировой коллекции люцерны, не уступавшие по семенной продуктивности в предыдущих исследованиях стандарту Красноуфимская 6. Изучали 50 выделившихся сортов различного географического происхождения в сравнении со стандартом Красноуфимская 6 (st). Посев – летний широкорядный с междурядьем 60 см. Норма высева на корм – 900 всхожих семян на 1 м² (из расчета 9 млн. всхожих семян на 1 га). Норма высева на семена 4 млн. всхожих семян на 1 га. Общая площадь делянки – 2,4 м². Повторность 4-х кратная.

Селекционные питомники (СП). Выделение селекционных образцов с высокой семенной продуктивностью, урожайностью семян, урожайностью СВ, устойчивостью в посевах и высоким качеством кормовой массы. Селекционные питомники оценки потомств высевали с междурядьем 60 см. Норма высева – 15 семян на 1 погонный метр для формирования разреженного посева, с одиночным расположением растений. Площадь учетной делянки – 24 м², повторность 4-х кратная. Посев летний в чистом виде.

Питомники конкурсного сортоиспытания (КСИ). Оценка селекционных форм, выделившихся в селекционных питомниках. Питомники КСИ высевали с междурядьем 60 см. Норма высева 50 семян на 1 погонный метр. Для формирования посева, принятого в производстве при закладке семенников. Площадь учетной делянки 60 м², повторность 4-х кратная. Посев летний в чистом виде.

Создание сложногогибридных популяций (СПП) (1993-2021 гг.) на основе форм с высокой самофертильностью в условиях открытого и защищенного грунта.

Коллекционный питомник (КП) (2015-2021 гг.) по изучению полученного материала в сравнении с лучшими сортами в условиях Среднего Урала.

Экологическое изучение полученных сортов и селекционных образцов в условиях Центрально-Черноземного региона. Изучали 17 сортов и селекционных образцов люцерны различного эколого-географического происхождения при семенном и кормовом использовании: сорта и селекционные образцы Среднего Урала (Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela × Сарга), подмосковной селекции (Находка, Вега 87), селекции Центрально-Черноземного региона (Белгородская 86, Краснояружская 1, Краснояружская 2, Павловская 7), Канады (Дакота), Германии (Верко, Плато), Франции (Люзелль, Галакси), Саратовской области (Артемиды). Учеты урожая кормовой массы и семян выполняли поделочно методом укосов.

Проявление заболевания «ведьминой метлой» люцерны (ВМЛ) проводили путем визуальной оценки распространенности в посевах. Распространенность болезни рассчитывали как долю (%) пораженных ВМЛ растений в общей выборке

по формуле: $PI = n \times 100 / N$, где PI – распространение инфекций; N – общее число растений в пробах; n – число пораженных растений [Тормозин и др., 2023].

Оценку кормовой ценности проводили общепринятыми методами на основании ГОСТов и рекомендаций [Косолапов и др., 2018].

Математическую обработку данных с оценкой силы влияния изучаемых факторов проводили с использованием однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа равномерных комплексов [Доспехов, 2011] и неравномерных комплексов [Плохинский, 1970]. Для выявления связей между изучаемыми признаками использовали метод корреляции рангов Спирмена (r_s) и корреляцию Пирсона (r) [Лакин, 1990]. Использовали стандартный пакет Microsoft Excel. Для обработки больших массивов данных методами многомерной статистики использовали ППС Statsgrafics.

ГЛАВА 3 ПЕРВИЧНОЕ ИЗУЧЕНИЕ И СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В главе подробно изложены результаты поиска генетических источников зимостойкости и семенной продуктивности люцерны в условиях Среднего Урала; сформированы теоретические и практические подходы к оценке самофертильности исходного материала для селекции люцерны; подробно изложена техника гибридизации при создании нового исходного материала и ускоренного создания селекционного материала для условий региона. Оценка биологического потенциала более 570 сортов, селекционных форм различного географического происхождения в условиях Среднего Урала по признакам зимостойкости, кормовой и семенной продуктивности позволила установить следующее. Наименьшей зимостойкостью обладают сорта и образцы Североамериканского и Западноевропейского происхождения (США, Канада, Франция, Португалия, Дания, Швеция) (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Зимостойкость сортов и селекционных образцов люцерны различного географического происхождения (1991-1993 гг.)

Происхождение	Ежегодная гибель растений, % за год			Сохранность на 4-ый год вегетации, % от исходного количества		
	М	lim	Cv, %	М	lim	Cv, %
Россия, Урал	5,3	3,7-6,3	27,2	86,6	83,0-90,0	43,9
Россия, Европейская часть	6,1	5,3-7,3	17,5	85,0	83,0-86,0	44,2
Россия, Сибирь	5,5	3,3-10,3	15,2	86,8	76,0-90,0	24,7
США, Канада	10,6	8,0-12,3	6,7	75,4	68,0-82,0	28,2
Франция, Португалия	10,7	10,0-11,4	6,6	73,1	69,2-76,0	43,7
Украина, Венгрия	6,8	5,0-9,0	29,8	82,5	78,0-87,0	40,0
Северная Европа,	10,0	6,7-14,3	27,2	75,2	61,0-84,0	32,7
Китай, Индия, Ирак	8,0	6,0-10,2	21,0	81,3	72,3-85,0	34,4
НСР ₀₅	2,9			3,1		

Примечание: М – среднее значение; lim – пределы изменчивости признака; Cv, % - коэффициент вариации.

Средняя ежегодная гибель растений составляла 10,0-10,7 %, а сохранность растений на 4 год жизни – в среднем 72,1-75,5 %. Не установлено достоверной разницы по зимостойкости между сортами и селекционными образцами, происходящими из различных регионов России, Украины, Венгрии, Китая, Индии и Ирака. Наибольшей зимостойкостью (93-95 %) обладали образцы уральского происхождения.

В составе коллекций из различных географических зон встречаются образцы, обладающие выдающейся способностью к семяобразованию, по сравнению с общей выборкой изученных сортов, что указывает на необходимость более широкого привлечения для селекции разнообразного материала (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Семенная продуктивность сортов и селекционных образцов люцерны различного географического происхождения в условиях Среднего Урала (1991-1993 гг.)

Происхождение	Семенная продуктивность, г/раст.		
	M	lim	Cv, %
Россия, Урал	5,5	4,9-6,5	16,6
Россия, Европейская часть	12,1	8,7-18,1	43,3
Россия, Сибирь	8,0	4,2-18,1	66,8
США, Канада	7,2	4,9-20,1	17,9
Франция, Португалия	5,7	5,0-6,2	11,0
Украина, Венгрия	8,9	4,9-17,9	18,4
Северная Европа, Прибалтика	14,6	5,8-22,7	66,7
Китай, Индия, Ирак	7,1	4,9-16,6	91,8
НСР ₀₅	2,4		

Для выявления потенциальных доноров и источников признака зимостойкости географический принцип является надежным способом подбора исходного материала. Географическое происхождение селекционных образцов оказывает достоверное влияние на их семенную продуктивность (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Влияние фактора географического происхождения исходного материала на хозяйственные признаки люцерны в условиях Среднего Урала (1991-1993 гг.)

Признак	Источник вариации	D	n-1	s ²	F _f	F _{0,05}	h ² _x
Семенная продуктивность, г/растение	Общее	1399,2	49	-	-	-	-
	Географическое происхождение	377,88	7	53,9	2,22	2,20	27,0
	Случайное	1021,4	42	24,3	-	-	-
Ежегодная гибель растений в посевах, %	Общее	248,2	49	-	-	-	-
	Географическое происхождение	150,8	7	21,6	9,3	2,2	60,6
	Случайное	97,3	42	2,3	-	-	-
Зимостойкость, %	Общее	2233,8	49	-	-	-	-
	Географическое происхождение	1357,9	7	193,9	9,30	2,2	60,8
	Случайное	875,89	42	20,8	-	-	-

Примечание. D – сумма квадратов отклонений (девианта); s² – дисперсия; n-1 – число степеней свободы; F_f – фактическое значение F-критерия Фишера; F_{0,05} – табличное значение F_{0,05} – критерия Фишера при уровне значимости оценки 5%; h²_x – сила влияния на резульативный признак.

В качестве исходного материала для дальнейшей селекции по комплексу признаков и свойств в системе «зимостойкость–семенная продуктивность», выделено 49 сортов и селекционных образцов (рис. 3.1).

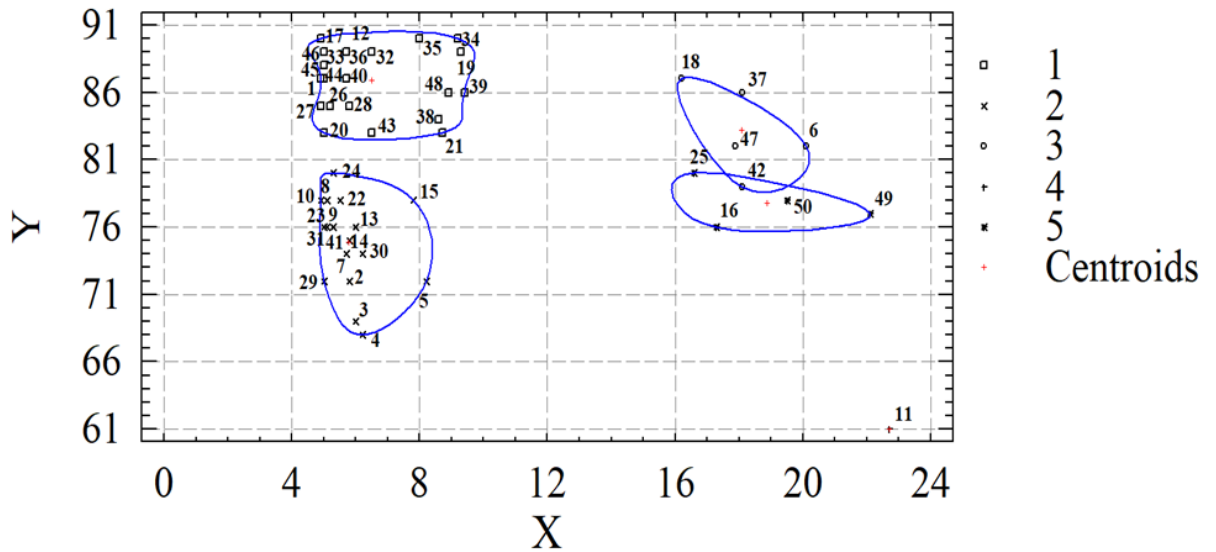


Рисунок 3.1 – Результаты кластерного анализа, характеризующие сходство сортов и селекционных образцов люцерны изменчивой, где Y – зимостойкость, %; X – семенная продуктивность, г/ раст.

1. Красноуфимская 6 (st) (Россия, Урал); 2. Apollo II (США); 3. Bayard (Франция); 4. С. Scandia (США); 5. Cassack (США); 6. Ellerslaie 1 (Канада); 7. Jew (США); 8. Resistador (США); 9. Ron (США); 10. Terax (Канада); 11. Vela (Дания); 12. Бийская 3 (Россия, Алтай); 13. Бируте (Литва); 14. Жидруне (Литва); 15. Зарница (Украина); 16. Йыгева 118 (Эстония); 17. Казанская 64/95 (Россия, Урал); 18. Камалинская 530 (Россия, В.-Сибирь); 19. Камалинская 930 (Россия, В.-Сибирь); 20. Киевская пестрогибридная (Украина); 21. Марусинская 425 (Россия, Тамбовская обл.); 22. Местная (США); 23. Местная (США); 24. Местная (Китай); 25. Местная (Китай); 26. Местная (Китай); 27. Местная (Китай); 28. Местная (Индия); 29. Местная (Ирак); 30. Местная (Португалия); 31. Местная (Португалия); 32. Местная (Россия, Хакасия); 33. Надежда (Украина); 34. Омская 8893 (Россия, В.-Сибирь); 35. Онохойская 6 (Россия, В.-Сибирь); 36. Оранжевая 115 (Омская область); 37. Вега 87 (Московская область); 38. Скриверу (Латвия); 39. Славянская местная (Россия, Краснодар); 40. Сретенская 77 (Россия, В.-Сибирь); 41. СФА-21 (Казахстан); 42. Таежная (Иркутская область); 43. Уральская синяя (Россия, Урал); 44. Усть-Кан 5910 (Россия, Алтайский край); 45. Флора (Россия, В.-Сибирь); 46. Флора 4 (Россия, В.-Сибирь); 47. AU-PX (Венгрия); 48. Тулунская гибридная (Россия, В.-Сибирь); 49. AlfaII (Швеция); 50. Alfa (Швеция).

В условиях регионов с коротким вегетационным периодом и недостатком опылителей, создание сортов люцерны изменчивой с высокой семенной продуктивностью возможно при совмещении в них признаков высокой самосовместимости и автотриппинга. В качестве исходного материала для селекции на семенную продуктивность в условиях Среднего Урала наиболее высокой фертильностью при свободном опылении обладают сорта: Ellerslaie 1 (Канада), Area (Франция), Sverre, Vertus, Альфа II (Швеция), Vela (Дания), WL – 504 (США), линии 118-2, 1-3 (Уральский НИИСХ). Нулевой фертильностью при высокой кормовой продуктивности в этих условиях характеризовались сорта Resistador, Atva 55, Embro (США), Rimpraus (Германия).

При использовании принудительного самоопыления наибольшей фертильностью обладают линии и гибриды, созданные на основе сортов Йыгева 118 (Литва), Альфа II, Vertus (Швеция), Vela (Дания), Ellerslaie 1 (Канада).

При селекции на повышение семенной продуктивности люцерны, основанной на использовании самофертильности, с учетом эволюционного и экологического значения систем размножения у этой культуры, основные усилия необходимо сосредоточить на поиске и создании исходного материала с высокой долей в популяции само-

фертильных форм и широкого их использования. Источниками высокой самосовместимости являются сорта Ellerslaie 1, Vela, Йыгева 118, Alfa II, Alfa.

Таблица 3.4 – Завязываемость семян у сортов и селекционных образцов при различных способах самоопыления в сравнении со свободным переопылением в условиях полевой культуры (число семян в бобе, шт./ боб.) (1994-1996 гг.)

Сорта, селекционные образцы	При искусствен- ном триппинге		Без искусственно- го триппинга		Свободное перео- пыление	
	М	Cv, %	М	Cv, %	М	Cv, %
Красноуфимская 6 (st)	0,40	121,2	0,28	57,5	1,31	12,5
Вега 87	0,96	6,2	0,95	25,8	2,32	24,0
Ellerslaie 1	1,69	13,3	1,26	20,3	3,43	30,2
Vela	1,46	13,5	1,36	14,7	3,47	20,7
Йыгева 118	1,02	17,8	0,94	8,9	2,45	25,7
Местная из Китая (к-32865)	0,92	14,1	0,88	12,2	1,96	4,6
Таежная	0,57	11,6	0,55	20,3	1,74	8,0
AU-PX	1,00	27,2	0,87	2,0	3,02	35,5
Alfa II	1,41	9,6	1,32	11,4	3,00	8,8
Alfa	1,46	31,3	1,37	11,0	2,79	11,9
Камалинская 530	0,74	7,8	0,59	23,3	1,78	9,9
НСР ₀₅	0,38		0,26		0,75	

В процессе исследований не установлено значительного превосходства метода самоопыления с искусственным открытием цветком по сравнению с инцухтированием без триппинга (с использованием изоляторов). Образование самоопыленных линий не зависело от способа их создания, с искусственным вскрытием или без него, а в основном определялось генотипом образцов (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния способа самоопыления на изучаемые результативные признаки (1994-1996 гг.)

Признак	Источник ва- риации	D	n-1	s ²	F _f	F _{0.05}	h ² _x
Самосовместимость, %	Общее	24714,1	65	-	-	-	100,0
	Условия года	1990,0	2	-	-	-	8,1
	A	27,4	1	27,4	0,4	8,6	0,1
	B	19556,8	10	1955,7	27,5	2,1	79,1
	A × B	154,9	10	15,5	0,2	2,6	0,6
	Случайное	2985,0	42	71,1	-	-	12,1
Завязываемость семян, шт./ боб	Общее	11,1	65	-	-	-	100,0
	Условия года	0,9	2	-	-	-	8,3
	A	0,2	1	0,2	8,8	4,1	1,9
	B	8,7	10	0,9	35,7	2,1	78,7
	A × B	0,2	10	0,02	0,8	2,6	1,7
	Случайное	1,0	42	0,02	-	-	9,3

Примечание: фактор А – «способ самоопыления» (с использованием искусственного триппинга, без использования искусственного триппинга); фактор В – «генотип сорта».

Доля участия в общей изменчивости результативного признака «самосовместимость» способа опыления составляла $h^2_A = 0,1$ %, в то время как доля признака «генотип» – $h^2_B = 79,1$ %, а доля условий года и случайных факторов, соответственно $h^2_{yr} = 8,1$

% и $h^2_{сл} = 12,1$ %. Доля участия в общей изменчивости результативного признака «завязываемость семян» фактора «способ опыления» невысока $h^2_A = 1,9$ %. Наибольшая сила влияния принадлежит генотипу сорта $h^2_B = 78,7$ %, условий года – $h^2_{ут} = 8,3$, а случайных факторов – $h^2_{сл} = 9,3$ %.

В селекционном процессе люцерны на семенную продуктивность можно исключать прием самоопыления с искусственным триппингом цветков. Для эффективного самоопыления достаточно изоляции растений сортов, склонных к самоопылению, что упрощает получение самоопыленных линий. Дальнейшие исследования самофертильности растений провели в условиях защищенного грунта в теплицах с оценкой семенной продуктивности растений (рис. 3.2).

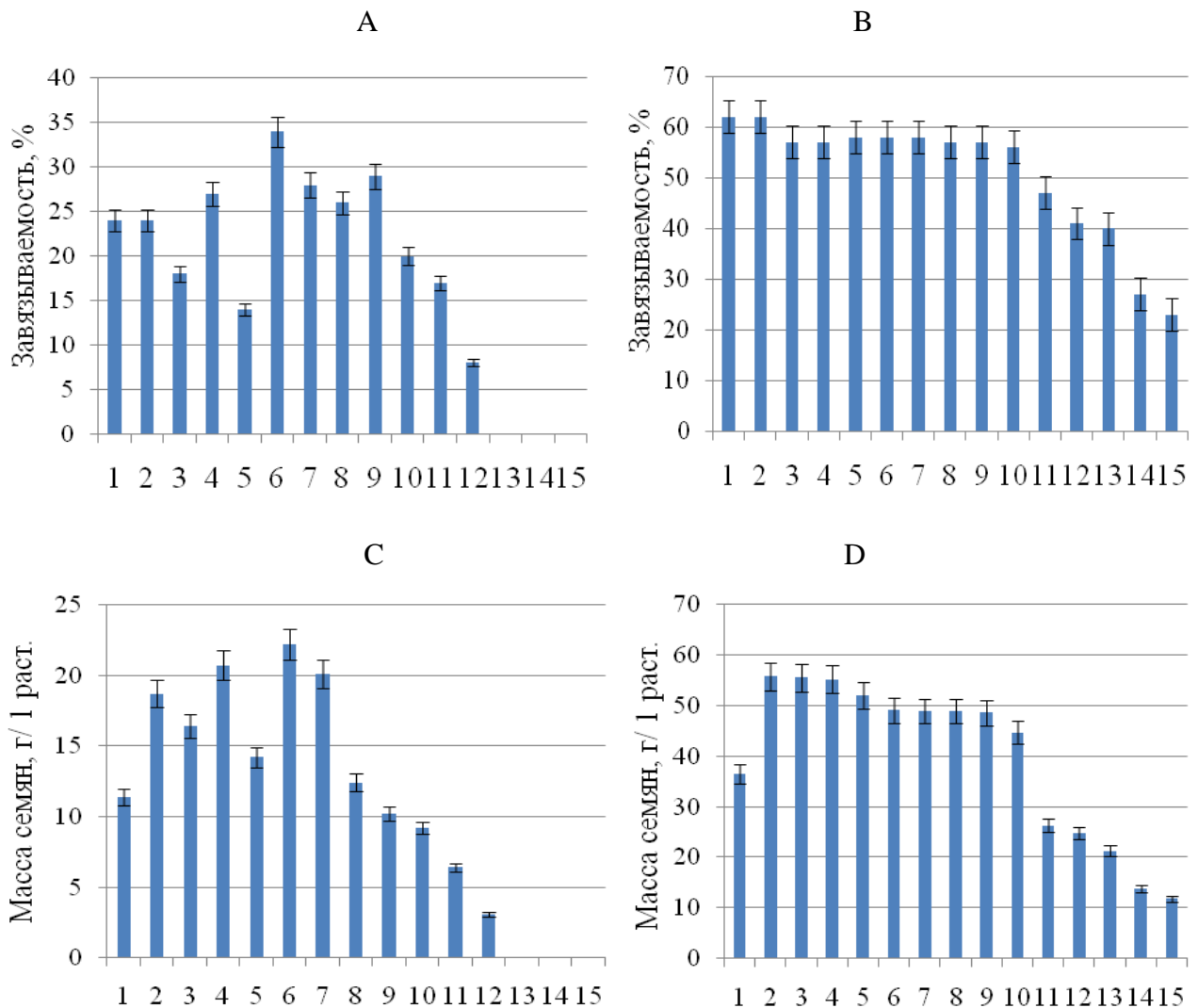


Рисунок 3.2 – Показатели семенной продуктивности семенных растений люцерны при выращивании в СУВР и в условиях полевой культуры (2008-2010 гг.), где А – завязываемость бобов при выращивании в СУВРах; В – завязываемость бобов при выращивании в поле; С – масса семян с одного растения при выращивании в СУВРах; Д – масса семян с одного растения при выращивании в поле: 1. Сарга (st); 2. 20-89Н; 3. 192-92; 4. РП 196/1300×Сарга; 5. Ellerslaiel 1 x 20-89Н; 6. Сибирская 8 × 193-95; 7. Находка × 193-95; 8. Уралочка; 9. 30-1; 10. Vela × Сарга; 11. 27-86 (Уральский НИИСХ); 12. Артемида (Саратовская обл.), 13. Селена (Московская обл.); 14. Тулунская гибридная (Иркутская обл.), 15. Белорусская (Беларусь).

В защищенном грунте оценили формирование семенной продуктивности в условиях изоляции, что позволило выделить 27 лучших гибридов, которые были размножены черенками и на их основе созданы линии, возделываемые в условиях полевой культуры. По самофертильности выделялись линии и гибриды: Сибирская 8 × 193-95, РП 196/1300 × Сарга, Находка × 193-95, 20-89 Н, 30-1, Vela × Сарга, Ellerslaiel 1 × 20-89Н, 30-1, 192-92.

Сопряженные исследования самофертильности в условиях СУВРов и полевыми опытами показали высокую положительную связь между процентом завязываемости бобов в защищенном грунте и завязываемостью бобов в полевых условиях ($r_s=0,867$), массой семян с 1 растения в СУВРе и аналогичным показателем в поле ($r_s=0,906$).

Достаточно тесно были связаны показатели формирования семян в СУВРе и в поле, что подтверждено корреляцией рангов средней силы, между количеством сформированных семян на 1 растении в поле и количеством семян в бобе в СУВРе ($r_s=0,753$), завязываемостью бобов в поле и количеством семян в бобе в СУВРе ($r_s=0,779$).

ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ И СВОЙСТВ СОЗДАННОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ НА ПРИНЦИПАХ ПОВЫШЕНИЯ САМОФЕРТИЛЬНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕ- ТОДОВ ОТБОРА НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В главе подробно изложены результаты оценки в четырех селекционных питомниках семенной продуктивности созданных селекционных образцов люцерны изменчивой с высокой самофертильностью; результаты оценки селекционной ценности исходных селекционных форм люцерны с высокой самофертильностью при вегетативном размножении; оценки селекционной ценности генераций первого поколения у селекционных форм люцерны с высокой самофертильностью.

Показана взаимосвязь признаков и свойств между исходными формами люцерны с высокой самофертильностью и последующими ее генерациями.

Приведены результаты оценки сложногибридных популяций, созданных на основе форм с высокой самофертильностью в различных поколениях репродукции.

В селекционных питомниках установлено, что, несмотря на значительную долю фактора «год использования травостоев» и случайных величин, генотипическая составляющая общей дисперсии оказывает значительное влияние на признаки: урожайность СВ, урожайность семян, репродуктивное усилие, облиственность растений, содержание калия в СВ (табл. 4.1).

В селекционных питомниках по семенной продуктивности выделились гибрид Vela × Сарга со средней урожайностью 151,0 г/10 м² и популяция ВС-08 со средней урожайностью 142,9 г/10 м² (табл. 4.2).

По урожайности сухого вещества выделился селекционный образец Vela × Находка. По облиственности растений – образцы Vela × Сарга, Находка × Сарга.

Таблица 4.1 – Сила влияния различных источников вариации на результативные признаки продуктивности и качества продукции сортов и селекционных образцов люцерны (2017-2021 гг.)

Признаки	Источники вариации и их сила влияния, %			F _f / F _{0.05} генотипа
	год пользования травостоем(h ² _{год})	генотип селекцион- ного образца(h ² _A)	случайное (h ² _{случ})	
Урожайность СВ, кг/10 м ²	57,8	21,7 ^a	20,4	4,2/2,5
Урожайность семян, г/10 м ²	35,9	24,8 ^a	39,2	2,5/2,5
Репродуктивное усилие	51,8	24,4 ^a	23,8	4,1/2,5
Облиственность, %	80,1	4,3 ^a	15,6	7,8/3,0
Содержание СВ, %	70,7	3,8	25,4	0,6/3,8
Содержание СП, %	49,1	18,4	32,5	2,3/2,5
Содержание ПП, %	51,2	4,7	44,1	0,4/3,8
Содержание ВЭ, %	71,0	11,9	17,1	0,4/3,8
Содержание КЕ, %	17,4	8,9	73,6	0,5/3,8
Содержание Р, %	31,8	12,1	56,1	2,5/3,0
Содержание Са, %	70,9	6,6	22,5	1,2/2,5
Содержание К, %	19,4	34,0 ^a	46,6	2,9/2,5

Примечание: а – достоверно при 95 % уровне значимости; h²_{год} – влияние года использования травостоя; h²_{случ} – влияние случайных факторов; h²_A – влияние генотипа сорта; СВ – содержание сухого вещества в зеленой массе, %; СП – содержание общего протеина в СВ, %; ПП – содержание переваримого протеина в СВ, %; КЕ – содержание кормовых единиц в СВ; Са – содержание кальция в СВ; Р – содержание фосфора в СВ, %; К – содержание калия в СВ, %.

Таблица 4.2 – Семенная продуктивность сортов и селекционных образцов люцерны в селекционном питомнике (2012-2021 гг.)

Сорта, селекционные образцы	Урожайность семян, г/10 м ² по годам исследований							±k st
	2012	2013	2015	2016	2020	2021	М	
Уралочка (st)	175,0	181,9	52,7	125,0	125,0	130,0	131,6	-
Находка × Сарга	100,0	138,8	58,3	147,2	136,1	102,7	113,9	-17,8
Находка × 193-95	111,1	194,4	47,2	158,3	105,5	125,0	123,6	-8,0
Vela × Находка	205,6	141,7	52,8	134,7	105,5	119,4	126,6	-5,0
Vela × Сарга	126,2	241,3	67,9	249,0	130,1	91,2	151,0	19,4
Популяция ВС-08	151,0	245,8	35,7	160,0	135,0	130,0	142,9	11,3
193-95	81,0	58,3	46,4	105,9	92,6	98,7	80,5	-51,1
27-86	122,2	156,1	79,2	166,6	144,4	100,0	128,1	-3,5
Среднее по опыту	134,0	169,8	55,0	155,8	121,8	112,1	124,8	-6,8
НСР ₀₅	41,0	61,0	13,5	42,7	18,3	15,6	37,4	-

Создание СГП является конечным циклом селекции с люцерной изменчивой, являющимся результатом многолетней работы перед выводом селекционного материала в конкурсное и Государственное сортоиспытание. В связи с этим особую важность имеет оценка стабильности сохранения различных признаков, в первую очередь хозяйственно-полезных, в последующих поколениях.

На основании данных урожайности семян, урожайности СВ, репродуктивного усилия и доли листьев в общей биомассе (облиственности) построены модели сопряженности этих селекционных признаков в зависимости от циклов переопыления (генерации). Результаты представлены на рисунке 4.1.

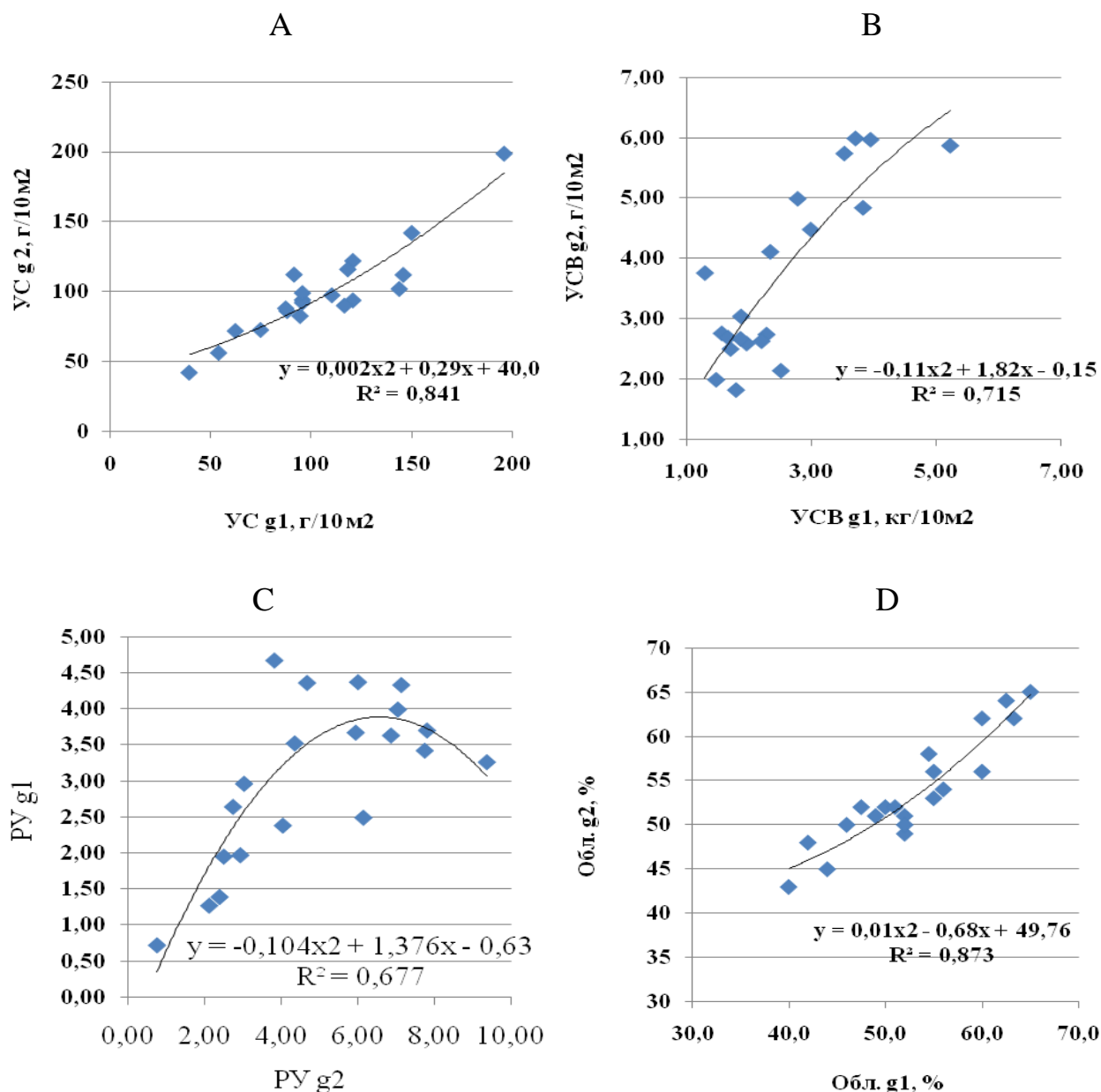


Рисунок 4.1 – Зависимость проявления изучаемых признаков, характеризующих семенную и кормовую продуктивность СГП люцерны в различных циклах переопыления (2017-2021 гг.), где А – урожайность семян (УС), г/10м²; В – урожайность сухого вещества (УСВ), кг/10м²; С – репродуктивное усилие (РУ); D – облиственность (Обл.), %; g1 – переопыление первого цикла (первая генерация); g2 – переопыление второго цикла (вторая генерация); R² – достоверность аппроксимации.

В питомниках сравнительного испытания установлено, что зависимости между урожайностью семян, урожайностью СВ и облиственностью в g1 и g2 близки к линейным, но с более высокой степенью достоверности аппроксимации описываются уравнениями параболы второй степени ($R^2=0,715...0,873$). Селекционные образцы, обладающие большей урожайностью в питомнике переопыления первого года (g1), с высокой долей вероятности имеют большую урожайность семян в g2, что подтверждается сильной положительной корреляцией ($r=0,908$, $p < 0,05$).

Связь урожайности сухого вещества и облиственности в g1 и g2 так же положительная, что подтверждено сильной положительной корреляцией ($r=0,841$,

$p < 0,05$), а доля листьев вегетативной массе сильно коррелировала в поколениях ($r = 0,926$, $p < 0,05$).

При создании СГП для условий Среднего Урала наибольшую перспективность имеют формы с высокой самофертильностью и пестрой окраской соцветий, обладающие стабильной семенной продуктивностью в поколениях первой (g1) и второй (g2) генераций. Особую ценность имеет созданная нами СГП-2 (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Урожайность семян СГП люцерны изменчивой, различных циклов переопыления в питомнике сравнительного испытания, г/10 м²

Селекционный образец	Репродукция	Годы исследований					Среднее
		2017	2018	2019	2020	2021	
Сарга (st)	ПР 2	39,6	95,8	62,5	95,8	88,2	76,4
	ЭС	42,3	94,2	72,1	92,3	86,3	77,4
	в среднем	41,0	95,0	67,3	94,1	87,3	76,9
СГП -1	g1	75,0	143,8	145,8	120,8	116,6	120,4
	g2	72,8	102,1	112,1	93,9	90,2	94,2
	в среднем	73,9	123,0	129,0	107,4	103,4	107,3
СГП -2	g1	150,0	195,8	120,8	118,3	91,6	135,3
	g2	142,1	198,7	122,1	116,1	112,3	138,3
	в среднем	146,1	197,3	121,5	117,2	102,0	136,8
СГП -3	g1	94,6	87,5	110,4	95,8	54,2	88,5
	g2	82,8	88,2	97,6	99,2	56,4	84,8
	в среднем	88,7	87,9	104,0	97,5	55,3	86,7
НСР ₀₅		23,6	22,7	18,2	12,1	12,6	30,2

Исследование СГП, созданных на основе форм с высокой самофертильностью, в конкурсном испытании (КСИ) при рядовом посеве в среднем за 2017-2021 гг., показало, что все СГП формировали урожайность зеленой массы на уровне стандарта.

Оценка урожайности СВ в среднем за 5 лет выявила достоверное превышение стандарта по этому показателю СГП-2 (с преобладанием пестрой окраски соцветий) на 7,8 % и уровнем варьирования урожайности по годам $C_v = 52,5$ %. Урожайность СВ остальных популяций находилась на уровне стандарта (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Урожайность СВ и семян созданных СГП люцерны изменчивой в питомнике КСИ (2017-2021 гг.)

Сорт, селекционные образцы	Урожайность СВ, кг/10 м ²			Урожайность семян, г/10 м ²			
	М	± к st	C_v , %	М	± к st	C_v , %	
Сарга (st)	5,32	-	47,0	68,6	-	27,1	
СГП -1	5,31	-0,01	53,4	84,0	15,3	39,0	
СГП -2	5,83	0,51	52,5	82,5	13,8	66,7	
СГП -3	5,28	-0,04	45,8	63,5	-5,1	32,4	
В среднем	5,43	0,12	49,6	74,7	6,0	40,6	
НСР ₀₅		0,49			13,8		

Примечание: М – среднее значение; C_v – коэффициент вариации

Семенная продуктивность изученных селекционных образцов так же различалась. Созданные СГП-1 и СГП-2 превосходили стандарт по урожайности семян соответственно на 22,4 % и 20,2 % на уровне $p=0,05$.

Наименьшие варьирование урожайности по годам отмечено у стандарта и СГП-3. Оценка взаимосвязи семенной и кормовой продуктивности изучаемых СГП, показала ее отсутствие, на всех этапах селекционного процесса. В КСИ не выявлено связи между этими показателями ($r=0,060$, $p > 0,05$).

В среднем за 2017-2021 гг. в питомнике КСИ не установлено значительных отличий между селекционными образцами по содержанию протеина, валовой энергии, кормовых единиц, содержанию кальция, фосфора и облиственности. Все изученные СГП находились на уровне стандарта. По комплексу признаков семенной и кормовой продуктивности лучшим вариантом является СГП -2.

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

В главе изложены результаты 4 циклов конкурсных сортоиспытаний, в которых дана оценка лучшим созданным селекционным формам, с выделением тех, которые превосходили районированные сорта. Приведены результаты комплексной оценки влияния срока жизни травостоев, генотипа и условий года на кормовую и семенную продуктивность люцерны.

Установлена взаимосвязь погодных условий, складывающихся в различные периоды вегетации, и основных свойств селекционного материала люцерны изменчивой. Проведена оценка признаков и свойств селекционного материала люцерны, созданного различными методами.

В питомниках конкурсного сортоиспытания установлено, что по комплексу полезных селекционных признаков и свойств, изученных в КСИ 1 в среднем за 2005-2008 гг. наибольшей ценностью обладает селекционный образец 20-89 Н, превосходящий в условиях Среднего Урала стандарт по урожайности семян на 20,9 % и урожайности СВ на 18,3 %, а также селекционный образец 192-92, превосходящий стандарт по урожайности СВ на 18,9 % и не уступающий стандарту по урожайности семян (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Урожайность семян сортов и селекционных образцов люцерны в питомнике КСИ № 1 (посев 2004 г.)

Сорта, селекционные образцы	Урожайность семян, кг/га по годам исследований					± к st	Cv, %
	2005	2006	2007	2008	среднее		
Сарга (st)	910	637	608	106	565,3	-	59,3
20-89 Н	1179	762	667	126	683,5	118,2	63,4
Лада	524	143	358	38	265,8	-299,5	81,9
Селена	560	247	236	139	295,5	-269,8	61,9
192-92	982	560	560	85	546,8	-18,5	67,0
Уралочка	1012	500	679	98	572,3	7,0	66,5
195-01	1072	295	154	81	400,5	-164,8	114,0
Луговая 67	863	210	322	41	359,0	-206,2	99,0
Артемиды	429	179	154	57	204,8	-360,5	77,4

Продолжение таблицы 5.1

Вега 87	714	286	405	65	367,5	-197,8	73,6
Находка	679	286	250	67	320,5	-244,8	80,3
194-01	846	345	317	73	395,3	-170,0	82,1
196-01	714	334	264	110	355,5	-209,8	72,2
190-91Св	940	560	417	83	500,0	-65,2	71,0
193-95 д	965	510	566	91	533,0	-32,2	67,1
15-87 Н	583	643	732	98	514,0	-51,2	55,3
НСР ₀₅	217,1	189,3	192,3	28,1	162	-	-

В питомнике КСИ 1 в среднем за изученный период установлена тенденция более высокой урожайности семян у образцов с большим урожаем СВ, что подтверждено ранговой корреляцией Спирмена средней силы ($r_s=0,634$, достоверно при $p<0,05$).

В КСИ 2 по комплексу признаков семенной продуктивности, урожайности СВ и содержания общего протеина особую ценность представляет селекционный образец 20-89 Н, сорт Уралочка и селекционный образец 192-92 (табл. 5.2).

Селекционный образец 193-95 д, обладающий высокой семенной продуктивностью, является ценным источником семенной продуктивности.

Таблица 5.2 – Урожайность семян сортов и селекционных образцов люцерны в питомнике КСИ № 2 (посев 2007 г.)

Сорта, селекционные образцы	Урожайность семян, кг/га по годам исследований					± к st	Cv, %
	2008	2009	2010	2011	среднее		
Сарга (st)	145	568	712	238	415,8	-	64,5
192-92	139	756	671	466	508,0	92,3	54,0
20-89 Н	244	765	976	236	555,3	139,5	67,4
Луговая 67	190	586	654	190	405,0	-10,8	61,7
195-01	41	750	850	157	449,5	33,8	91,1
Уралочка	154	629	843	443	517,3	101,5	56,5
196-01	41	671	760	214	421,5	5,8	82,7
Лада	51	300	505	129	246,3	-169,5	81,8
Находка	97	621	446	114	319,5	-96,3	80,5
198-06	175	671	650	526	505,5	89,8	45,4
193-95	37	763	618	250	417,0	1,3	79,8
194-01	50	500	997	226	443,3	27,5	93,2
Селена	43	510	307	171	257,8	-158,0	77,5
193-95 д	254	760	896	557	616,8	201,0	45,3
Вега 87	20	529	771	246	391,5	-24,3	83,7
197-96	170	486	415	246	329,3	-86,5	44,4
НСР ₀₅	77,9	131,8	200,6	140,9	139,4	-	-

В среднем за период исследований в питомнике КСИ-2 установлена положительная зависимость между урожайностью СВ и урожайностью семян ($r_s=0,365$, достоверна при $p<0,05$).

По результатам конкурсного сортоиспытания КСИ 3 выделились селекционные образцы, отличающиеся как достоверно более высокой кормовой продуктивностью, оцененной по урожайности СВ, так и высокой урожайностью семян: сорт Виктория и сорт Уралочка (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Урожайность семян у сортов и селекционных образцов люцерны изменчивой в питомнике КСИ № 3 (посев 2011 г.)

Сорта, селекционные образцы	Урожайность семян, кг/га по годам исследований				± к st	Cv, %
	2012	2013	2015	среднее		
Сарга(st)	573	952	440	655	-	40,6
Виктория	671	1180	491	781	126	45,8
193-95 д	450	1161	500	704	49	56,4
192-92	629	1133	482	748	93	45,6
197-06	829	1238	278	782	127	61,6
196-06	436	1066	393	632	-23	59,6
198-06	643	1250	357	750	95	60,8
Уралочка	648	1203	429	760	105	52,5
204-06	214	1018	339	524	-131	82,6
210-06	286	1228	268	594	-61	92,4
199-06	271	1072	429	591	-64	71,8
203-06	300	1081	427	603	-52	69,5
202-06	250	1124	339	571	-84	84,2
15-87 Н	329	408	536	424	-231	24,6
Находка	314	1130	589	678	23	61,3
НСР ₀₅	193	204	92	226	-	-

Потенциальными источниками высокой семенной продуктивности являются селекционные номера 193-95 д, 192-92, уже показавшие высокую урожайность семян в предыдущих конкурсных сортоиспытаниях, а так же новые селекционные номера 197-06, 198-06.

Установлена тенденция большей семенной продуктивности селекционных образцов, с большей урожайностью СВ, что подтверждено положительной корреляцией рангов ($r_s=0,586$, достоверна при $p<0,05$).

По результатам конкурсного испытания КСИ 4 по урожайности семян можно выделить селекционные образцы 15-87 Н, 202-06, 193-95 д и сорта Виктория и Уралочка. По урожайности СВ выделились селекционные образцы 20-89 Н, 197-06, 197-06, сорт Виктория (табл. 5.4).

Таблица 5.4 – Урожайность семян и СВ у сортов и селекционных образцов люцерны в питомнике КСИ № 4 (2017-2021 гг.)

Селекционные образцы	Урожайность семян, кг/га			Урожайность СВ, т/га		
	среднее	± к st	Cv, %	среднее	± к st	Cv, %
Виктория (st)	80,6	-	38,6	5,51	-	53,4
193-95 д	87,1	6,5	39,1	6,22	0,72	39,5
20-89 Н	75,6	-5,0	32,4	6,82	1,31	39,8
197-06	62,4	-18,3	59,7	6,10	0,59	40,1

196-06	66,4	-14,2	37,6	5,81	0,31	40,2
198-06	58,7	-21,9	52,2	5,84	0,33	45,6
Уралочка	80,6	0,0	18,9	4,58	-0,93	43,5
Находка	77,2	-3,5	29,4	5,02	-0,48	38,6
204-06	62,5	-18,2	29,1	4,70	-0,81	40,9
210-06	53,5	-27,1	37,7	5,09	-0,42	40,8
199-06	80,4	-0,2	38,1	4,90	-0,60	41,5
203-06	66,7	-14,0	43,2	5,02	-0,49	41,6
202-06	91,0	10,3	42,9	4,59	-0,92	49,1
15-87 Н	102,4	21,8	32,5	4,61	-0,90	47,4
НСР ₀₅	12,0			0,47		

По результатам 4 циклов конкурсного испытания 47 сортов и селекционных образцов были разделены на 5 групп по методу их селекции: сорта инорайонной селекции (12 номеров), СГП на основе самофертильных линий (10 номеров), самофертильные линии (7 номеров), массовый отбор из свободно переопыляющихся популяций с отбором биотипов с наибольшей семенной продуктивностью (7 номеров), межсортовая гибридизация (11 номеров). Наибольшей семенной продуктивностью обладали селекционные образцы, созданные методами формирования СГП и массовым отбором. Наименьшей кормовой продуктивностью обладали межсортовые гибриды (табл. 5.5).

Таблица 5.5– Урожайность СВ и семян у сортов и селекционных образцов, созданных различными методами селекции, по результатам конкурсных сортоиспытаний (в среднем по закладкам опытов 2005-2015 гг.)

Методы создания селекционных образцов	n*	Год пользования	Урожайность СВ, т/га	Урожайность семян, кг/га
			М	М
Сорта инорайонной селекции (st)	12	1	8,15	373,7
Сложногибридные популяции	10		8,57	703,4
Самофертильные линии	7		8,33	486,7
Массовый отбор	7		7,74	569,7
Межсортовая гибридизация	11		6,77	349,4
НСР ₀₅			0,47	136,7
Сорта инорайонной селекции (st)	12	2	7,63	418,9
Сложногибридные популяции	10		7,70	775,6
Самофертильные линии	7		7,09	592,1
Массовый отбор	7		7,52	806,1
Межсортовая гибридизация	11		6,51	912,3
НСР ₀₅			0,42	138,4
Сорта инорайонной селекции (st)	12	3	6,79	416,4
Сложногибридные популяции	10		6,95	626,2
Самофертильные линии	7		7,01	528,4
Массовый отбор	7		7,09	613,3
Межсортовая гибридизация	11		7,64	436,9
НСР ₀₅			$F_f < F_{0.05}$	192,6
Сорта инорайонной селекции (st)	12	4	5,87	161,2
Сложногибридные популяции	10		5,33	352,6
Самофертильные линии	7		5,82	230,1

Массовый отбор	7		5,40	414,4
Межсортовая гибридизация	11		4,05	508,2
НСР ₀₅			0,62	107,0
Сорта инорайонной селекции(st)	12	М	7,11	342,6
Сложногибридные популяции	10		7,14	614,5
Самофертильные линии	7		7,06	459,3
Массовый отбор	7		6,94	600,9
Межсортовая гибридизация	11		6,24	551,7
НСР ₀₅			0,81	151,8

Примечание: *n – количество образцов; М – среднее значение.

Оценена сила влияния организованных факторов на основные селекционные признаки «урожайность СВ», «урожайность семян» и комплексный показатель «репродуктивное усилие»: влияние года жизни травостоя при семенном использовании (h^2_A), влияние метода селекции (h^2_B), взаимодействие факторов год жизни \times метод селекции (h^2_{AB}) (табл. 5.6).

Несмотря на значительную силу влияния случайных факторов на результативные признаки и года жизни травостоев ($h^2_A = 18,1-40,1$ %) нулевую гипотезу влияния метода селекции необходимо отвергнуть как для признака «урожайность СВ» ($h^2_B = 4,8$ %) при $F_f > F_{0,05}$, так и для «урожайность семян» ($h^2_B = 11,1$ %) и «репродуктивное усилие» ($h^2_B = 9,0$ %) при $F_f > F_{0,05}$.

Таблица 5.6 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния организованных факторов на урожайность СВ, семян и репродуктивное усилие по результатам конкурсных сортоиспытаний (2005–2015 гг.).

Результативный признак	Источник вариации	D*	n-1	s ²	F _f	F _{0,05}	h ² _x
Урожайность СВ	Общее	463,6	187	-	-	-	100
	Случайное	222,9	168	1,3	-	-	48,8
	Год жизни (А)	186,0	3	62,0	46,7	2,7	40,1
	Метод селекции (В)	22,0	4	5,5	4,2	2,4	4,8
	Взаимодействие А \times В	32,7	12	2,7	2,1	1,8	7,1
Урожайность семян	Общее	18248648	187	-	-	-	100
	Случайное	11401273	168	67865	-	-	62,5
	Год жизни (А)	3360213	3	1120071	16,5	2,7	18,4
	Метод селекции (В)	2032176	4	508044	7,5	2,4	11,1
	Взаимодействие А \times В	1454986	12	121249	1,8	1,8	8,0
Репродуктивное усилие	Общее	3965	187	-	-	-	100
	Случайное	2582	168	15,3	-	-	65,0-
	Год жизни (А)	716	3	238,7	15,5	2,7	18,1
	Метод селекции (В)	354	4	88,7	5,8	2,4	9,0
	Взаимодействие А \times В	312	12	26,0	1,7	1,8	7,9

Примечание: *D – сумма квадратов отклонений (девианта); s² – дисперсия; n-1 – число степеней свободы; h²_x – сила влияния на результативный признак.

Таким образом, в условиях Среднего Урала метод селекции играет определяющую роль для создания сортов с высокой семенной продуктивностью. Наибо-

лее эффективным методом оказались: создание СГП на основе самофертильных линий и метод массового отбора биотипов с высокой семенной продуктивностью.

По 4 циклам КСИ в различные месяцы вегетации не установлено сильной зависимости между урожайностью СВ и температурой воздуха, но с тенденцией ближе к отрицательной ($r=0,160\dots-0,285$; $r_s=0,161\dots-0,312$) (табл. 5.7).

Таблица 5.7 – Корреляционные связи между элементами продуктивности люцерны изменчивой и погодными условиями в питомниках КСИ (2005-2021 гг.).

Показатели	Корреляция Пирсона (r)				Корреляция Спирмена (r_s)			
	УСВ	УС	РУ	СП, %	УСВ	УС	РУ	СП, %
Май								
ТВ, t ⁰ C*	0,160	0,571	-0,274	-0,142	0,161	0,572	-0,262	-0,101
ОС, мм	0,271	0,047	-0,629	-0,169	0,370	0,154	-0,779	-0,187
ГТК	-0,196	-0,052	-0,517	-0,134	-0,293	0,015	-0,720	-0,158
Июнь								
ТВ, t ⁰ C	-0,056	0,358	-0,517	-0,049	-0,097	0,368	-0,432	-0,098
ОС, мм	0,320	0,250	-0,137	0,251	0,235	0,148	0,148	0,361
ГТК	0,318	0,187	-0,048	0,263	0,254	0,004	0,287	0,345
Июль								
ТВ, t ⁰ C	-0,285	-0,421	-0,179	-0,191	-0,312	-0,462	-0,262	-0,267
ОС, мм	0,087	-0,426	0,445	0,051	0,089	-0,491	0,467	0,151
ГТК	0,135	-0,434	0,327	0,067	0,088	-0,531	0,467	0,151
Август								
ТВ, t ⁰ C	-0,070	0,194	-0,202	0,240	-0,041	-0,002	-0,082	0,132
ОС, мм	-0,080	0,070	0,011	-0,435	-0,100	-0,139	-0,007	-0,433
ГТК	-0,007	-0,102	0,052	-0,452	-0,101	-0,140	-0,079	-0,433
Сентябрь								
ТВ, t ⁰ C	0,037	0,446	-0,032	0,342	0,009	0,522	0,008	0,320
ОС, мм	-0,135	-0,500	-0,138	-0,367	-0,094	-0,568	-0,217	-0,354
ГТК	-0,114	-0,486	-0,141	-0,393	-0,091	-0,640	-0,187	-0,305
В среднем								
ТВ, t ⁰ C	-0,113	0,689	-0,442	0,102	0,036	0,826	-0,396	0,089
ОС, мм	0,390	-0,374	-0,099	-0,367	0,440	-0,450	-0,225	-0,451
ГТК	0,206	-0,448	-0,196	-0,412	0,272	-0,442	-0,442	-0,467

Примечание: *ТВ, t⁰C – среднемесячная температура воздуха; ОС, мм – среднемесячное количество осадков; ГТК гидротермический коэффициент Селянинова; УСВ – урожайность СВ; УС – урожайность семян; РУ – репродуктивное усилие; СП – содержание общего протеина в СВ.

Установлено отрицательное влияние высокой температуры воздуха на урожайность СВ, в то же время зависимость урожайности СВ от осадков положительная. В среднем за период вегетации май - сентябрь установлены достоверные корреляции Пирсона и Спирмена ($r=0,390$; $r_s=0,440$, при $p<0,05$) между количеством выпадающих осадков и урожайностью СВ селекционных образцов люцерны с тенденцией более высокой урожайности с увеличением ГТК ($r=0,206$; $r_s=0,272$).

Взаимосвязь температуры и урожайности семян люцерны была противоположной взаимосвязи урожайности СВ и температуры воздуха. В среднем за период вегетации установлена положительная связь между урожайностью семян и температурой воздуха, подтвержденная положительной корреляцией Пирсона ($r=0,689$,

достоверна при $p < 0,05$) и сильной корреляцией рангов Спирмена ($r_s = 0,826$, достоверна при $p < 0,05$) между температурой воздуха и урожайностью семян.

В формировании семенной продуктивности имеется один критический период, когда температура воздуха отрицательно влияет на семенную продуктивность и растениям требуются невысокие температуры с небольшим количеством осадков и средним значением ГТК – июль. Именно в июле отмечено отрицательное влияние на семенную продуктивность высоких температур ($r = -0,421$, $r_s = -0,462$, достоверны при $p < 0,05$), величины выпадающих осадков ($r = -0,426$, $r_s = -0,491$, достоверны при $p < 0,05$) и ГТК ($r = -0,434$, $r_s = -0,531$, достоверны при $p < 0,05$).

Величина репродуктивного усилия, величины характеризующей индивидуальное развитие растений и доли энергии, затраченной на формирование репродуктивных органов, изменялась по независимым от семенной и кормовой продуктивности тенденциям. В целом за период вегетации имеется отрицательная зависимость между температурой и репродуктивным усилием, подтвержденная слабыми, но достоверными (при $p < 0,05$) корреляциями Пирсона и рангов Спирмена ($r = -0,442$, $r_s = -0,396$). Наиболее критичным периодом для репродуктивного усилия является июнь, когда связь между температурой воздуха и его величиной была достоверно отрицательной ($r = -0,517$, $r_s = -0,432$, достоверны при $p < 0,05$).

ГЛАВА 6 РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ

В главе представлено сортовое разнообразие селекционных достижений, полученных в результате работы. Приведены данные сравнительного изучения сортов различного географического происхождения в условиях Среднего Урала. Проведена экологическая оценка созданных сортов и перспективных селекционных образцов в условиях Центрально-Черноземного региона, в сравнении с российскими и иностранными сортами.

В результате исследований и селекционной работы созданы сорта люцерны изменчивой, возделываемые в большинстве регионов Российской Федерации: Уралочка, Виктория. Передан в Государственное сортоиспытание сорт Памяти Нагибина. Метод создания – сложногобридная популяция, отобранная по морфологическим признакам окраски соцветия – пестрогобридная (с преобладанием пестрой окраски соцветий). Популяция сформирована из 16 линий селекционного питомника: 193-95 (м) + 20-89Н (м) + Vela x Сарга (ч) + Vela x Сарга (с) + 101-2 (м) + Артемида (ч) + Находка x Сарга (ч) + Сибирская 8 x 193-95 (ч) + Уралочка (ч) + Уралочка (с) + Уралочка (м) + Находка x 193-95 (ч) + Находка x 193-95 (с) + Vela x Находка (ч) + Популяция ВС-08 (ч) + Vela x Сарга (ч).

Для сорта характерна высокая встречаемость растений со смешанными цветками. Новый сорт люцерны изменчивой по отношению к стандартному сорту Сарга имеет существенные отличия. Отличительной особенностью заявленного сорта является морфологический признак – светло-голубая, бирюзовая окраска соцветий в начале цветения (рис 6.1).



Рисунок 6.1 – Питомник размножения сложногибридной популяции СГП–2, переданной в Государственное сортоиспытание как сорт Памяти Нагибина, 2017 г. (фото Тормозина М.А.)

Исследования селекционных сортов различного географического происхождения показали, что сортовой состав, который можно эффективно использовать в условиях Среднего Урала, сильно ограничен.

Сорта люцерны европейского происхождения Галакси (Франция), Верко (Германия), Плато (Германия), Люзелль (Франция) в среднем за 2017-2021 гг. показывали продуктивность СВ достоверно на 29,6- 80,9 % ниже стандарта, при средней урожайности 0,57-2,11 кг/10 м².

Сорта российской селекции Виктория, Таисия, Гюзель, Тулунская гибридная, а так же сорт белорусской селекции Белорусская, находились на уровне стандарта со средней урожайностью в среднем за 4 года исследований 2,52-3,39 кг/10 м², при урожайности стандарта – 3,0 кг/10 м². Сорта Дарья и Изумруда с урожайностью СВ 3,89-4,07 кг/10 м² достоверно превосходили по урожайности стандарт, но находились на уровне созданного нами сорта Виктория (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Урожайность семян и СВ различных сортов люцерны изменчивой в КП (2017-2021 гг., посев 2015 г.)

Сорта	Урожайность семян, г /10 м ²			Урожайность СВ, кг /10 м ²		
	М	% к st	Cv, %	М	% к st	Cv, %
Сарга, Россия (st)	76,6	-	28,8	3,00	-	50,4
Виктория, Россия	113,4*	148,1	29,2	3,39	113,0	31,5
Уралочка, Россия	86,4	112,8	34,3	1,96*	65,4	43,8
Вела, Россия	28,8*	37,6	56,1	0,93*	30,8	73,0
Таисия, Россия	37,8*	49,4	58,0	3,01	100,3	32,8

Продолжение таблицы 6.1

Находка, Россия	67,8	88,5	49,8	1,07*	35,8	53,1
Дарья, Россия	27,3*	35,6	59,4	3,89*	129,5	50,5
Изумруда, Россия	38,4*	50,1	81,9	4,07*	135,7	32,4
Милена, Россия	35,5*	46,3	36,4	1,87*	62,4	97,5
Гюзель, Россия	48,2*	62,9	66,6	3,51	117,1	39,3
Тулунская гибридная, Россия	35,5*	46,3	58,2	2,52	83,9	59,4
Белорусская, Беларусь	31,7*	41,4	71,9	3,38	112,7	38,8
Verko, Германия	22,7*	29,6	61,8	1,30*	43,4	85,9
Alfa, Нидерланды	36,8*	48,0	65,5	1,24*	41,2	68,6
Artemis, Нидерланды	37,3*	48,7	61,8	2,11*	70,4	93,5
Гибралтар, Дания	21,6*	28,2	57,8	0,57*	19,1	48,3
Super Nova, Дания	25,9*	33,8	54,3	1,61*	53,8	48,4
Fortuna, Дания	29,8*	38,9	43,2	1,10*	36,6	40,4
Relaks, Дания	31,6*	41,3	60,6	1,28*	42,6	61,8
Saskiya, Дания	27,1*	35,4	76,2	1,61*	53,8	68,2
Gong Nong № 1, Китай	26,0*	33,9	71,1	0,93*	31,0	31,3
В среднем	42,2	55,1	43,5	2,11	70,4	46,6
НСР _{0.05}	15,1			0,84		

Примечание: * – различия достоверны по сравнению со стандартом при $p < 0.05$; М – среднее значение, С_v – коэффициент вариации по годам, %.

Не установлено математически доказанной разницы между сортами по содержанию СВ при уборке. В среднем по опыту содержание СВ составляло 22,85 %, а колебания между вариантами опыта находились в пределах 21,74-24,36 % или 95,3-104,6 % от стандарта

Установлено, что в условиях Среднего Урала сорта с большей урожайностью СВ потенциально обладают лучшей семенной продуктивностью, что подтверждено достоверной корреляцией рангов между урожайностью СВ и урожайностью семян ($r_s=0,492$, корреляция достоверна при $p < 0,05$).

Дисперсионный анализ показал, что, не смотря на довольно значительное влияние среды, описываемой как сумму вариации года использования травостоев и случайной дисперсии ($h^2_{\text{год}}=29,9-34,3\%$, $h^2_{\text{случ}}=14,7-15,3\%$), генотипическая составляющая сортов занимала наибольшую долю в общей изменчивости результативных признаков «урожайность СВ» ($h^2_A=50,4\%$) и «урожайность семян» $h^2_A=55,4\%$ (табл. 6.2).

Результатами экологического испытания установлено, что в условиях юга ЦЧР сорта обеспечивают в основном 2 укоса кормовой массы.

Сорта различного географического происхождения отличаются как по характеру формирования урожайности в различных укосах, так и по уровню продуктивного долголетия. В результате проведенных полевых опытов по урожайности СВ можно выделить несколько групп сортов, резко отличающихся друг от друга (табл. 6.3).

К I группе относятся сорта, которые формируют наибольший урожай в 1 год пользования, превосходя стандарт на 18,0-40,4 %, но резко снижают урожай к 3 году пользования, значительно (на 33,1-39,7 %) уступая стандарту.

Таблица 6.2 – Результаты дисперсионного анализа урожайности СВ и семян люцерны в КП, 2016-2021 гг. (посев 2015 г.)

Признак	Источник вариации	D*	n-1	s ²	F _f	F _{0,05}	h ² _x
Урожайность СВ, кг/10 м ²	Общее	237,4	104	-	-	-	100,0
	Условия года	81,4	4	-	-	-	34,3
	Генотип сорта (А)	119,8	20	6,0	13,2	1,7	50,4
	Случайное	36,2	80	0,5			15,3
Урожайность се- мян, г/10 м ²	Общее	123736,3	131	-	-	-	100,0
	Условия года	37042,7	5	-	-	-	29,9
	Генотип сорта (А)	68552,7	21	3264,4	18,9	1,7	55,4
	Случайное	18140,7	105	172,8	-	-	14,7

Примечание: * D – сумма квадратов отклонений (девианта); s² – дисперсия; n-1 – число степеней свободы; F_f – фактическое значение F-критерия Фишера; F_{0,05} – табличное значение F_{0,05} – критерия Фишера при уровне значимости оценки 5%; h²_x – сила влияния на результативный признак; h²_{год} – сила влияния года использования травостоев; h²_А – сила влияния генотипа сорта (организованный фактор); h²_{случ} – сила влияния случайных факторов.

Таблица 6.3 – Урожайность СВ различных сортов люцерны в условиях ЦЧР, г/м² [Тормозин и др., 2023]

Сорта	Годы испытаний						В среднем	
	2020		2021		2022			
	М	± к st	М	± к st	М	± к st	М	± к st
Белгородская-86 (st)	523,2	-	514,8	-	483,6	-	507,2	-
Сарга	504,2	-19,0	530,8	16,0	541,8	58,2	525,6	18,4
Виктория	517,0	-6,2	548,4	33,6	548,4	64,8	537,9	30,7
193-95 д	500,6	-22,6	544,6	29,8	534,6	51,0	526,6	19,4
20-89 Н	519,8	-3,4	543,8	29,0	545,4	61,8	536,3	29,1
Vela x Сарга	521,2	-2,0	511,2	-3,6	518,0	34,4	516,8	9,6
Находка	500,2	-23,0	447,2	-67,6	482,4	-1,2	476,6	-30,6
Вега 87	514,6	-8,6	450,8	-64,0	455,8	-27,8	473,7	-33,5
Краснояржская 1	705,8	182,6	565,4	50,6	535,0	51,4	602,1	94,9
Краснояржская 2	729,4	206,2	534,0	19,2	341,6	-142,0	535,0	27,8
Дакота	726,4	203,2	518,0	3,2	323,4	-160,2	522,6	15,4
Верко	734,8	211,6	510,2	-4,6	292	-191,6	512,3	5,1
Плато	702,8	179,6	511,0	-3,8	308,4	-175,2	507,4	0,2
Люзелль	663,2	140,0	474,8	-40,0	291,4	-192,2	476,5	-30,7
Галакси	621,0	97,8	448,2	-66,6	308,4	-175,2	459,2	-48,0
Артемиды	700,8	177,6	561,4	46,6	444,0	-39,6	568,7	61,5
Павловская 7	474,2	-49,0	519,0	4,2	512,0	28,4	501,7	-5,5
НСР ₀₅	25,3		28,5		31,2		17,6	

Если в первый год пользования они создавали урожайность СВ в пределах 621,0-734,8 г/м², то на 3 год жизни урожайность составляла 291,4-341,6 г/м². К ним необходимо отнести сорта люцерны посевной европейской селекции (Плато, Верко, Люзелль, Галакси), канадский сорт Дакота, а так же сорт Краснояржская 2, созданный в Белгородской области. Снижение урожая на 3 год пользования травостоями по сравнению с 1 годом пользования составляло до 55,2 % (Дакота), 60,2 % (Плато), 53,3 % (Краснояржская 2).

Ко II относятся сорта со стабильной урожайностью СВ в течение 3-летнего использования травостоев. Причем на 3 год пользования урожайность СВ у этих сортов либо не уступала урожайности 1 года жизни, либо превосходила его на 31,0-37,6 г/м². К ним необходимо отнести пестрогибридные сорта и селекционные образы уральской селекции: Сарга, Виктория, а так же селекционные образцы 193-95 д, 20-89 Н, Vela x Сарга, полученные там же. В эту группу входит воронежский сорт люцерны желтой – Павловская 7. Сорта синегибридной люцерны селекции различных учреждений (Белгородская 86, Краснояружская 1, Находка, Вега 87) и люцерна посевная (Артемиды), занимали промежуточное положение. В целом по опыту наибольшая урожайность семян у всех изученных сортов формировалась в 1 год семенного использования травостоев и изменялась от 46,7, до 96,2 г/м² (табл. 6.4).

Таблица 6.4 – Урожайность семян сортов и селекционных образцов люцерны в условиях ЦЧР, г/м² [Тормозин и др., 2023]

Сорта, селекционные образцы	Годы испытаний						В среднем	
	2020		2021		2022			
	М	± к st	М	± к st	М	± к st	М	± к st
Белгородская-86 (st)	92,1	-	55,0	-	30,5	-	59,2	-
Сарга	91,2	-0,9	83,7	28,7	77,8	47,3	84,2	25,0
Виктория	96,1	4,0	75,4	20,4	69,7	39,2	80,4	21,2
193-95 д	94,8	2,7	81,0	26,0	68,7	38,2	81,5	22,3
20-89 Н	92,0	0,0	74,8	19,9	69,4	38,9	78,8	19,6
Vela x Сарга	86,3	-5,7	74,1	19,1	68,4	37,9	76,3	17,1
Находка	87,2	-4,9	58,5	3,5	41,4	10,9	62,4	3,2
Вега 87	88,9	-3,2	51,7	-3,3	42,4	12,0	61,0	1,8
Краснояружская 1	93,6	1,5	60,6	5,6	42,0	11,5	65,4	6,2
Краснояружская 2	67,9	-24,1	34,1	-20,9	23,0	-7,5	41,7	-17,5
Дакота	68,3	-23,7	31,5	-23,5	17,7	-12,8	39,2	-20,0
Верко	55,2	-36,9	27,4	-27,6	14,7	-15,8	32,4	-26,7
Плато	47,7	-44,4	18,4	-36,6	8,7	-21,8	24,9	-34,3
Люзелль	52,8	-39,3	23,4	-31,6	9,2	-21,3	28,5	-30,7
Галакси	46,7	-45,3	13,1	-41,9	7,9	-22,5	22,6	-36,6
Артемиды	94,7	2,7	49,0	-6,0	30,1	-0,4	57,9	-1,2
Павловская 7	58,5	-33,6	51,8	-3,2	49,0	18,5	53,1	-6,1
НСР ₀₅	13,6		16,0		12,8		9,1	

К 3 году жизни отмечено снижение урожайности семян в зависимости от сорта на 14,7-83,0 %. Среди общего количества изученных сортов по способности формировать семена на юге Среднерусской возвышенности выделили несколько групп в зависимости от географического происхождения. Наименьшей семенной продуктивностью отличались сорта люцерны посевной западноевропейской селекции (Верко, Плато, Люзелль, Галакси), белгородский сорт Краснояружская 2, канадский сорт Дакота. Урожайность семян в 1 год пользования семенных травостоев у них изменялась от 46,7 г/м² (Галакси), до 55,2 г/м² (Верко). У этой же группы сортов отмечено наибольшее снижение урожайности семян на 3 год поль-

зования до 22,0-32 г/м². Коэффициент вариации урожайности семян за 3-летний период в этой группе составил 52,2-76,2 %, а снижение урожайности семян составляло 73,4-83,0 % (сорт Галакси).

Сорта белгородской (Белгородская 86, Краснояружская 1), саратовской селекции (Артемиды), ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Луговая, Московская область) (Находка, Вега 87), формируют урожайность семян в 1 год пользования на уровне стандарта в пределах 86,3-96,1 г/м². Однако на 3 год пользования снижение урожая семян у них составляло 52,0-66,9 %. Фактическая урожайность семян в этот период находилась в пределах 30,1-42,3 г/м².

Особое место занимают сорта и селекционные образцы пестрогибридной люцерны уральской селекции (Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela x Сарга) и сорт желтой люцерны воронежской селекции Павловская 7. В среднем за 3 года они формировали наибольшую урожайность семян (76,3-84,2 г/м²), при этом показатель минимально варьировал по годам (коэффициент вариации составлял 6,6-14,1 %).

Снижение урожая от 1 года пользования к 3 в этой группе было наименьшим у сорта Сарга (14,7 %), а максимальным у сорта Виктория и селекционного образца 193-95 д (27,5 %). Люцерна желтая Павловская 7 от 1 года к 3 показывала снижение урожайности семян на 16,3 %, при коэффициенте вариации в среднем за 3 года 7,5 %.

В последние десятилетия во многих регионах России наблюдается снижение кормовой и особенно семенной продуктивности люцерны, связанное распространением вирусно-фитоплазменной инфекции: «ведьмина метла» люцерны (ВМЛ) [Богоутдинов и др., 2019]. Растения люцерны, пораженные заболеванием, отстают в росте, становятся малоустойчивы к другим биотическим и абиотическим факторам, травостой преждевременно изреживаются.

В ареалах вредоносности ВМЛ, необходимо комплексное применение профилактических мероприятий, в которых одно из основных мест занимает использование устойчивых сортов [Соложенцева, 2021, 2022]. Проявление поражения растений ВМЛ увеличивалось от первого года пользования к третьему у всех изученных сортов и селекционных образцов (табл. 6.5).

Таблица 6.5 – Распространенность ВМЛ у сортов и селекционных образцов люцерны в условиях ЦЧР, % [Тормозин и др., 2023]

Сорта, селекционные образцы	Годы испытаний						В среднем	
	2020		2021		2022			
	М	± к st	М	± к st	М	± к st	М	± к st
Белгородская-86 (st)	0,8	-	6,1	-	13,2	-	6,7	-
Сарга	0,5	-0,3	2,2	-3,9	7,1	-6,1	3,3	-3,4
Виктория	0,4	-0,4	2,6	-3,5	8,8	-4,4	3,9	-2,8
193-95 д	0,3	-0,5	1,8	-4,3	7,8	-5,4	3,3	-3,4
20-89 Н	0,6	-0,2	2,1	-4,0	7,6	-5,6	3,4	-3,3
Vela x Сарга	0,5	-0,3	3,8	-2,3	9,1	-4,1	4,5	-2,2
Находка	0,8	0,0	7,4	1,3	12,0	-1,2	6,7	0,0
Вега 87	0,6	-0,2	6,7	0,6	11,7	-1,5	6,3	-0,4
Краснояружская 1	0,7	-0,1	6,7	0,6	12,2	-1,0	6,5	-0,2

Краснояржская 2	1,7	0,9	8,1	2,0	17,7	4,5	9,2	2,5
Дакота	1,1	0,3	8,8	2,7	18,0	4,8	9,3	2,6
Верко	2,1	1,3	10,9	4,8	23,4	10,2	12,1	5,4
Плато	2,7	1,9	11,4	5,3	22,6	9,4	12,2	5,5
Люзелль	2,2	1,4	14,8	8,7	28,6	15,4	15,2	8,5
Галакси	3,0	2,2	15,6	9,5	30,4	17,2	16,3	9,6
Артемиды	2,4	1,6	5,9	-0,2	14,2	1,0	7,5	0,8
Павловская 7	0,3	-0,5	0,8	-5,3	3,8	-9,4	1,6	-5,1
НСР ₀₅	0,8		1,4		3,9		1,7	

Сорта люцерны посевной наиболее сильно поражаются этой инфекцией (распространенность в 1 год пользования составляла 1,1-3,0 %, на 3 год пользования – 18,0-30,4 %). Распространенность ВМЛ у сортов люцерны изменчивой составляла в этих же условиях, соответственно, 0,8-1,7 и 7,6-12,0 %. Минимальная поражаемость ВМЛ отмечена в посевах люцерны желтой сорта Павловская 7 с распространенностью в среднем за 3 года 1,6 %. Среди сортов люцерны гибридной и посевной наименее устойчивы сорта европейской селекции – Галакси, Верко, Плато, Люзелль (распространенность ВМЛ в среднем за 3 года 12,1...16,3 %).

В наименьшей степени поражаются пестрогибридные сорта и селекционные образцы люцерны изменчивой уральской селекции Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela x Сарга (распространенность в среднем за 3 года 3,3...4,5 %).

Анализ результатов методом двухфакторного дисперсионного анализа приведен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа изучаемых признаков

Результативный признак	Источник вариации	D	n-1	s ²	F _f	F _{st0.05}	h ² _x
УС*, г/м ²	Общее	206781,3	254	-	-	-	100
	Повторения	439,5	4	-	-	-	0,2
	Случайное	25318,0	200	126,6	-	-	12,2
	A	64142,3	2	32071,1	253,3	3	31,0
	B	105460,0	16	6591,2	52,1	1,7	51,0
	A×B	11421,4	32	356,9	2,8	1,5	5,5
УСВ, г/м ²	Общее	2952819,8	254	-	-	-	100
	Повторения	5037,2	4	-	-	-	0,2
	Случайное	99997,9	200	499,9	-	-	3,4
	A	1067734,3	2	533867,1	1067,8	3	36,2
	B	302649,6	16	18915,6	37,8	1,7	10,2
	A×B	1477400,6	32	46168,8	92,4	1,5	50,0
ВМЛ, %	Общее	32784,6	509	-	-	-	100
	Повторения	413,6	9	-	-	-	1,2
	Случайное	4065,5	450	9,0	-	-	12,4
	A	15360,2	2	7680,1	850,1	3	46,8
	B	8974,2	16	560,8	62,1	1,7	27,4
	A×B	3970,9	32	124,1	13,7	1,4	12,1

Примечания: *УС – урожай семян; УСВ – урожай сухого вещества; ВМЛ – распространенность вирусно-фитоплазменных инфекций; фактор А – «год использования травостоя»; фактор В – «образец».

Выявлено достоверное влияние изучаемых факторов «год пользования травостоя» и «образец» на изучаемые результативные признаки. Установлено, что фактор А (год пользования травостоя) наиболее значительно влияет на результативные признаки «урожайность СВ» и «распространенность ВМЛ», а влияние сорта значительно сказывается на урожайности семян ($h^2_B = 51,0 \%$).

Взаимодействие «генотип-среда» оказывает наибольшее влияние на урожайность СВ. В связи с этим, для повышения семенной продуктивности люцерны и ее устойчивости к ВМЛ в условиях юга Среднерусской возвышенности в селекционной работе необходимо использовать уральские сорта и селекционные образцы Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela x Сарга и желтую люцерну Павловская 7.

Таким образом, в ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» в результате активной селекционной работы на повышенную семенную продуктивность создан уникальный генофонд люцерны изменчивой.

В результате комплексного ботанико-географического, морфобиологического и селекционного изучения люцерны, нами созданы группы сортов и селекционных образцов люцерны изменчивой, характеризующихся сходными селекционными признаками, отличающихся высокой семенной продуктивностью, высокой самофертильностью, которые можно охарактеризовать как отдельный уральский сортотип люцерны изменчивой. Уральский сортотип характеризуется следующими признаками и свойствами: созревание семян – раннее-среднее; форма куста – полупрямостоячая; высота растений – от низкой до средней; по окраске цветков относится к желто-пестрогибридной группе; зимостойкость – высокая; устойчивость к поражению вирусно-фитоплазменной инфекцией (ВМЛ) – высокая; устойчивость к корневым гнилям и бурой пятнистости – высокая; семенная продуктивность – стабильная; распространенность биотипов люцерны с повышенной самофертильностью – высокая.

ГЛАВА 7 ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ

В главе изложены результаты экономической оценки созданных сортов и селекционных образцов при выращивании в условиях Среднего Урала и Центрально-Черноземного региона.

Доказано, что из 21 изученного сорта в среднем 2017-2021 гг. стабильную эффективность получения сенажа в условиях Среднего Урала смогли обеспечить только 7 сортов: Сарга (st) (Россия), Виктория (Россия), Таисия (Россия), Дарья (Россия), Изумруда (Россия), Гюзель (Россия), Белорусская (Беларусь).

Среди изученных сортов минимальную себестоимость получения сенажа – 1 181,2 руб./т обеспечивал сорт Изумруда – меньше стандарта на 647,5 руб./т. Себестоимость сенажа из сортов Виктория (Россия), Таисия (Россия), Дарья (Россия), Гюзель (Россия), Белорусская (Беларусь) была ниже себестоимости стандарта – на 207,2-393 руб./т.

Высокая себестоимость сенажа отмечена у нескольких сортов различного происхождения: Вела (Россия) – 7 795,6±4 416 ,9 руб./т, Находка (Россия) – 5 235,2±2 024,5 руб./т, Verko (Германия) – 5 905,8±3 132,4 руб./т, Alfa (Нидерланды) – 4 972,5±2 081,6 руб./т, Relaks (Дания) – 5 483,1±3 303,5 руб./т, Gong Nong № 1 (Китай) – 5 205,2±1 067,0 руб./т.

Наибольшей себестоимостью сенажа характеризовался сорт Гибралтар (Дания) – 10 541,5±5291,0 руб./т, что в 5,76 раз выше, чем у стандарта – сорта Сарга. Рентабельность сенажа из сортов колебалась от – 61,9 % (убыток) до 125 %. Наибольшей рентабельностью характеризовался сенаж из сорта Виктория, а наименьшей – из сорта Гибралтар.

Расчетом экономической эффективности возделывания люцерны на семена в условиях Среднего Урала установлено, что небольшое количество из изученных сортов, обладает возможностью стабильно рентабельного производства семян в этих условиях. К ним можно отнести только три сорта: Сарга, Виктория, Уралочка с уровнем рентабельности в среднем за 2016-2021 гг., соответственно 97,0±44,0 % у сорта Сарга, 187,5±64,0 % у сорта Виктория и 99,5±74,4 % у сорта Уралочка (табл. 7.1).

Таблица 7.1 – Экономическая эффективность возделывания различных сортов и селекционных образцов люцерны изменчивой на семена, г. Екатеринбург, семена получены с первого укоса (2016-2022 гг.)

Сорта, селекционные образцы	Себестоимость семян, руб./ кг		Рентабельность, %	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Сарга, Россия (st)	163,2±43,6	34,7	97,0±44,0	55,8
Виктория, Россия	109,1±26,8	30,2	187,5±64,0	43,9
Уралочка, Россия	156,1±55,2	53,1	99,5±74,4	89,2
Вела, Россия	558,4±289,2	69,2	-34,7±36,7	-132,8
Таисия, Россия	399,5±181,7	55,7	3,5±33,8	1488,7
Находка, Россия	261,3±167,4	95,5	44,2±77,9	219,8
Дарья, Россия	531,5±187,1	47,6	-26,7±25,8	-150,9
Изумруда, Россия	472,3±246,0	58,6	-3,7±57,5	-2178,8
Милена, Россия	388,5±150,5	58,1	-12,4±21,3	-236,0
Гюзель, Россия	381,1±210,2	85,1	12,4±62,3	633,6
Тулунская гибридная, Россия	421,9±169,3	51,4	-7,1±39,3	-695,9
Белорусская, Беларусь	517,9±238,5	53,5	-21,6±43,5	-276,0
Verko, Германия	967,4±752,8	116,0	-52,2±30,8	-76,5
Alfa, Нидерланды	616,6±488,9	118,1	-21,7±51,7	-317,3
Artemis, Нидерланды	419,7±178,8	58,1	-7,8±43,8	-764,7
Гибралтар, Дания	695,7±274,2	52,0	-56,4±16,5	-40,7
Super Nova, Дания	582,2±249,6	55,8	-41,3±30,6	-92,9
Fortuna, Дания	444,2±121,9	36,7	-29,0±26,4	-118,3
Relaks, Дания	679,0±531,2	116,2	-35,6±37,3	-149,3
Saskiya, Дания	649,7±305,2	58,7	-36,5±45,0	-152,4
Gong Nong № 1, Китай	913,7±713,5	104,3	-46,6±39,6	-107,9

К условно рентабельным по семенной продуктивности сортам, обеспечивающим в среднем за 4 года рентабельное производство, но в отдельные годы показывающим убыток, можно отнести сорта отечественной селекции: Таисия, Находка и Гюзель, с уровнем рентабельности производства семян в среднем за четыре года соответственно $3,5 \pm 33,8$ % у сорта Таисия, $44,2 \pm 77,9$ % у сорта Находка и $12,4 \pm 62,3$ % у сорта Гюзель. Семеноводство всех прочих сортов в условиях Среднего Урала было убыточно.

Экологическое испытание сортов и их потенциальная экономическая оценка проводилась в Белгородской области. Центральное Черноземье является регионом, в целом благоприятным для семеноводства люцерны по комплексу почвенно-климатических и ландшафтных условий и может рассматриваться как база для промышленного семеноводства этой культуры. Люцерна является одной из основных культур в кормопроизводстве ЦЧР. В связи с этим экономическая оценка новых сортов в условиях этого региона является важнейшей составляющей для комплексного использования сортов.

Оценка экономической эффективности возделывания сортов и селекционных образцов люцерны в условиях ЦЧР показала, что в среднем за 2019-2021 гг. наименьшая себестоимость сенажа отмечена у сортов Краснояружская 1, Артемида, Сарга, Виктория и селекционных образцов 193-95 д, 20-89 Н, Vela x Сарга, которая находилась в пределах $1\ 367,4 \pm 180,3 \dots 1\ 564,9 \pm 53,0$ руб./т.

Максимальную стабильность по годам показывали сорта и селекционные образцы уральской селекции ($C_v = 18,4 \dots 26,4$ %).

Наибольшее варьирование себестоимости сенажа по годам отмечено у сортов Дакота (Канада), Верко (Германия), Плато (Германия), Люзелль (Франция), Галакси (Франция) и составляло $C_v = 69,7 \dots 89,6$ %.

Все возделываемы сорта в среднем за 2019-2021 гг. обеспечивали рентабельное производство сенажной массы. Однако наименьшая рентабельность производства отмечена у сортов французской селекции Люзелль и Галакси (рентабельность $72,1 \dots 78,8$ %) с $C_v = 90,7 \dots 97,0$ %, а так же у сортов Вега 87 и Находка российской селекции (рентабельность $76,3 \dots 77,1$ %) с варьированием по годам $C_v = 19,4 \dots 26,4$ %.

Сорта и селекционные образцы уральской селекции показали рентабельность производства в пределах $95,0 \dots 99,6$ % с минимальным варьированием по годам ($C_v = 1,1 \dots 9,6$ %). Максимальную рентабельность, на уровне $100,6 \dots 124,5$ %, показывали сорта Краснояружская 1, Артемида и Краснояружская 2.

При возделывании люцерны на семена в условиях Белгородской области в среднем за 2019-2021 гг. сорта селекции Франции, Германии характеризуются минимальной семенной продуктивностью, обеспечивали наибольшую себестоимость семян: Верко (Германия) – $524,45 \pm 267,15$ руб./кг, Плато (Германия) – $820,77 \pm 494,97$ руб./кг, Люзелль (Франция) – $737,41 \pm 493,90$ руб./кг, Галакси (Франция) – $965,33 \pm 504,12$ руб./кг. Себестоимость их семян, полученных в Белгородской области, была в 2,0-3,7 раза выше, чем стандартного сорта Белгородская 86. В результате производство семян этих сортов в условиях Белгородской области было убыточно (убыток – $1,68 \pm 5,56 \dots -4,96 \pm 5,93$ тыс. руб./га) (табл. 7.2).

Таблица 7.2 – Экономическая эффективность возделывания различных сортов и селекционных образцов люцерны изменчивой на семена, Белгородский район, Белгородская обл., семена получены со второго укоса (2020-2022 гг.)

Сорта, селекционные образцы	Себестоимость семян, руб./ кг		Рентабельность, %	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Белгородская-86 (st)	262,99±121,94	63,4	22,5±15,2	203,62
Сарга	147,46±18,23	18,4	55,9±3,4	10,98
Виктория	157,57±28,74	25,8	53,0±6,8	19,26
193-95 д	155,28±28,45	26,4	53,7±4,9	18,90
20-89 Н	159,99±26,95	24,0	52,3±6,2	18,15
Vela x Сарга	164,09±24,42	21,8	51,0±5,2	16,79
Находка	221,64±71,24	45,9	34,3±12,1	79,42
Вега 87	227,47±69,15	43,5	32,5±16,7	82,35
Краснояржская 1	214,77±72,69	48,3	36,4±12,4	76,76
Краснояржская 2	371,34±146,64	57,9	-9,6±29,3	-614,66
Дакота	439,96±218,93	69,7	-29,434,0±	-289,64
Верко	524,45±267,15	70,3	-54,2±36,9	-188,61
Плато	820,77±494,97	82,8	-140,4±65,3	-135,40
Люзелль	737,41±493,90	89,6	-115,6±47,1	-160,20
Галакси	965,33±504,12	77,0	-183,3±105,5	-114,07
Артемида	273,00±119,22	61,9	19,5±19,9	238,58
Павловская 7	234,35±30,87	19,1	49,0±4,0	11,39

Изученные сорта по экономической эффективности в условиях Центрально-Черноземного региона можно разделить на несколько групп.

Первая группа включает в себя сорта с высокой стабильной семенной продуктивностью и урожайностью сенажной массы на уровне средней по опыту – на уровне стандарта. Урожайность зеленой массы и сенажа стабильна по годам. Это сорта и селекционные образцы уральской селекции: Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela × Сарга. В эту же группу можно отнести желтую люцерну сорта Павловская 7.

Вторая группа включает в себя сорта селекции ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Вега 87 и Находка), сорта белгородской селекции (Белгородская 86, Краснояржская 1), а также сорт Артемида. Сорта второй группы характеризуются высокой кормовой продуктивностью и средней урожайностью семян.

Третья группа – это сорта люцерны посевной и изменчивой селекции Канады (Дакота), Германии (Верко и Плато), Франции (Галакси и Люзелль), а так же сорт белгородской селекции Краснояржская 2. Сорта этой группы характеризуются низкой семенной продуктивностью в изучаемых условиях, высокой рентабельностью получения кормовой массы в первые два года использования травостоев и резким снижением в последующие годы, что может их делать высокоэффективными только при коротком сроке использования травостоев (не более 2-3 лет). Наибольшую комплексную эффективность, по соотношению урожайности сенажа и урожайности семян, в условиях Центрально-Черноземного региона, показали сорта Сарга, Виктория и селекционный номер 20-89 Н.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе изучения селекционной и хозяйственной ценности мировых генетических ресурсов люцерны с оценкой генетической коллекции, состоящей из более 570 сортов и популяций различного географического происхождения, выявлено 49 потенциальных источников высокой семенной, высокой кормовой продуктивности и зимостойкости для почвенно-климатических условий Среднего Урала.

Наименьшей зимостойкостью обладают образцы генетической коллекции Североамериканского и Западноевропейского происхождения (США, Канада, Франция, Португалия, Дания, Швеция). Средняя ежегодная гибель растений составляла 10,0-10,7 %, а сохранность растений на четвертый год жизни – в среднем 72,1-75,5 %. Не установлено достоверной разницы по зимостойкости между образцами, происходящими из различных регионов России, Украины, Венгрии, Китая, Индии и Ирака. Наибольшей зимостойкостью (93-95 %) обладают образцы Уральского происхождения.

2. Семенная продуктивность образцов люцерны не имеет прямой связи с их географическим происхождением. В составе генетических коллекций из различных географических зон выделены сорта, популяции и селекционные формы, обладающие выдающейся способностью к семяобразованию и потенциальной высокой урожайностью семян.

В экологических условиях Среднего Урала с коротким вегетационным периодом, создание сортов люцерны изменчивой с высокой семенной продуктивностью возможно при совмещении в них признаков высокой самосовместимости и автотриппинга. Наиболее высокой завязываемостью семян в бобах при свободном опылении обладают сорта: *Ellerslaie 1* (Канада), *Area* (Франция), *Sverre*, *Vertus*, *Альфа II* (Швеция), *Vela* (Дания), *WL – 504* (США), линии 118-2, 1-3 (Уральский НИИСХ). Нулевой завязываемостью семян характеризовались сорта *Resitador*, *Atva 55*, *Embryo* (США), *Rimpraus* (Германия). При использовании принудительного самоопыления наибольшей завязываемостью семян обладают сорта *Йыгева 118* (Литва), *Альфа II*, *Vertus* (Швеция), *Vela* (Дания) и селекционные образцы, созданные на их основе. В селекции на повышение семенной продуктивности при сохранении высокой кормовой продуктивности источниками высокой самосовместимости и способности к автотриппингу в условиях Среднего Урала являются сорта *Ellerslaie 1* (Канада), *Vela* (Дания), *Йыгева 118* (Литва), *Alfa II*, *Alfa* (Швеция).

3. Семенная продуктивность сортов, местных популяций и селекционных образцов в природных условиях Среднего Урала определяется долей самосовместимых особей и особей, обладающих высоким уровнем автотриппинга. Завязываемость семян в значительной степени определяется генотипом сорта, с силой влияния фактора $h^2_x = 68,0-87,4$.

Имеется тесная положительная связь между признаками семенной продуктивности: количеством семян в бобе с искусственным триппингом и количеством семян в бобе без триппинга ($r_s = 0,853...0,959$); между количеством семян в бобе с искусственным триппингом и количеством семян в бобе при свободном переопылении ($r_s = 0,767...0,961$); количеством семян в бобе без триппинга и количеством семян в бобе при свободном переопылении ($r_s = 0,732...0,957$).

4. Для селекционных признаков «семенная продуктивность», «урожайность СВ», характерно сохранение свойств материнских селекционных форм, обладающих самофертильностью в первом поколении (g_0), при размножении в последующих поколениях (g_1 , g_2). Образцы люцерны, обладающие высокой самофертильностью и пестрой окраской соцветий, обладают стабильно-высокой семенной продуктивностью по сравнению с синецветковыми и желтоцветковыми формами. Создание самоопыленных линий с высокой самофертильностью является трудоемким методом искусственного триппинга цветков, не показал своей эффективности. Для эффективного самоопыления достаточно изоляции растений, склонных к самоопылению, что упрощает получение самоопыленных линий люцерны.

5. Вегетативное размножение перспективных самоопыленных линий люцерны с высокой самофертильностью в защищенном грунте на стеллажах ускоренного выращивания растений (СУВР) с последующей пересадкой укорененных черенков и маточных растений в открытый грунт, является эффективным способом поддержания и их дальнейшей репродукции.

На основе комбинирования полученных самоопыленных линий с высокой самосовместимостью и автотриппингом в питомниках переопыления, формируются сложногибридные популяции (СПП) люцерны. Полученные СПП обладают комплексом хозяйственно ценных признаков кормовой и семенной продуктивности.

По результатам 4 циклов конкурсного испытания созданных 47 сортов и селекционных образцов доказано, сложногибридные популяции на основе самофертильных линий в условиях Среднего Урала обладают значительно большей семенной продуктивностью по сравнению с сортами инорайонной селекции и образцами, созданными путем межсортовой гибридизации, не уступая им по кормовой продуктивности.

6. В процессе создания и изучения нового исходного материала люцерны изменчивой в селекционных питомниках установлено значительное влияние срока жизни травостоев ($h^2_{\text{год}}=28,8...68,5$ %) и случайных факторов ($h^2_{\text{случ}}=12,3...53,8\%$) на резульативные признаки, связанные с кормовой и семенной продуктивностью. Семенная продуктивность люцерны в большей степени зависит от складывающихся погодных условий, чем кормовая.

В среднем за период вегетации не выявлено достоверной зависимости между урожайностью СВ и температурой воздуха ($r_s=0,036$). Установлена положительная корреляция ($r_s=0,440$, достоверна при $p<0,05$) между количеством выпадающих осадков и урожайностью СВ селекционных образцов люцерны с тенденцией более высокой урожайности СВ с увеличением ГТК. Установлена положительная связь между урожайностью семян и температурой воздуха ($r_s=0,826$, достоверна при $p<0,05$), отрицательная связь между количеством осадков и урожайностью семян ($r_s=-0,450$, корреляции достоверны при $p<0,05$), а также между величиной ГТК и урожайностью семян ($r_s=-0,442$, корреляции достоверны при $p<0,05$).

Критическим периодом для формирования урожая семян люцерны на Среднем Урале является июль, когда чрезмерно высокие температуры и большое выпадение осадков оказывают наиболее сильное отрицательное влияние на формирование семян, не компенсируемое в процессе дальнейшей вегетации. Установлены отрицательные корреляции между урожайностью семян и температурой в

июле ($r_s = -0,462$, достоверна при $p < 0,05$), урожайностью семян и количеством выпадающих осадков в июле ($r_s = -0,491$, достоверна при $p < 0,05$), урожайностью семян и ГТК в июле ($r_s = -0,531$, достоверна при $p < 0,05$).

Селекционными методами возможно преодоление неблагоприятного влияния погодных факторов. Доказано существенное влияние генотипа образцов как на урожайность семян ($h^2_x = 13,1 \dots 24,8$ %, достоверно при $p < 0,05$), так и урожайность СВ ($h^2_x = 15,1 \dots 21,7$ %, достоверно при $p < 0,05$), что делает возможным получение селекционного материала для создания сортов с высокой семенной и кормовой продуктивностью.

Получены образцы с максимальным проявлением хозяйственно ценных признаков и свойств: источники формирования массы семян на 1 растении (20-89 Н, 27-86, Vela×Сарга, 191-01×20-89 Н); источники высокой урожайности семян (192-92, 193-95 д, Vela×Сарга, 191-01×20-89, популяция ВС 08, популяция СГП - 2).

7. При изучении созданных селекционных образцов в конкурсном сортоиспытании (КСИ) установлено, что высокой селекционной и хозяйственной ценностью обладают селекционные образцы – источники семенной продуктивности для условий Среднего Урала: 20-89 Н, 193-95д, 15-87 Н, 202-06, СГП - 2, сорта Виктория и Уралочка, превосходящие стандарт (сорт Сарга) по урожайности семян на 16-24 %. По способности формировать высокий урожай СВ на 18-22 % выше стандарта (сорта Сарга) выделяются селекционные образцы 20-89 Н, 192-92, 197-06, 198-06, сорт Виктория, которые являются источниками высокой кормовой продуктивности.

8. Получен новый селекционный материал люцерны изменчивой, обладающий рядом признаков и свойств, которые можно охарактеризовать как отдельный региональный Уральский сортотип, являющиеся источником высокой семенной продуктивности в условиях Среднего Урала. Сортотип характеризуется следующими признаками: время созревание семян – раннее-среднее; форма растения – полупрямостоячая; высота растений – от низкой до средней; по окраске цветков относится к желто-пестрогибридному сортотипу люцерны изменчивой, обладает высокой зимостойкостью, устойчивостью к поражению «ведьминой метлой» люцерны (ВМЛ).

Сортотип представлен в агропромышленном комплексе России несколькими созданными сортами:

Сорт Уралочка. Относится к люцерне изменчивой (*M. sativa* L. nothosubsp. *varia* (Martyn) Arcang.). Сорт получен методом создания сложногогибридных популяций на основе 17 самофертильных линий. Сорт разрешен к возделыванию в 2003 г. в пяти регионах Российской Федерации: Центральном (3), Волго-Вятском (4), Уральском (9), Западно-Сибирском (10), Восточно-Сибирском (11).

Сорт Виктория. Относится к люцерне изменчивой (*Medicago sativa* L. nothosubsp. *varia* (Martyn) Arcang.). Сорт получен на основе сложногогибридной популяции 20-89 Н, созданной на основе многократного отбора по признаку семенной продуктивности из семнадцати самофертильных линий. Включен в Государственный реестр селекционных достижений разрешенных к использованию в Северо-

Западном (2), Волго-Вятском (4), Центрально-Черноземном (5), Средневолжском (7), Уральском (9), Западно-Сибирском (10) и Восточно-Сибирском (11) регионах.

Памяти Нагибина (селекционный образец СГП-2). В 2023 г. в Государственное сортоиспытание передан новый сорт, созданный на основе созданной нами сложногогибридной популяции СГП-2. Метод создания: сложногогибридная популяция, отобранная по морфологическим признакам окраски соцветия – пестрогибридной (с преобладанием пестрой окраски соцветий); популяция сформирована из 16 линий селекционного питомника включающих: 193-95 (м) + 20-89Н (м) + Vela x Сарга (ч) + Vela x Сарга (с) + 101-2 (м) + Артемида (ч) + Находка x Сарга (ч) + Сибирская 8 x 193-95 (ч) + Уралочка (ч) + Уралочка (с) + Уралочка (м) + Находка x 193-95 (ч) + Находка x 193-95 (с) + Vela x Находка (ч) + Популяция ВС-08 (ч) + Vela x Сарга (ч).

9. В сравнительном сортоиспытании в условиях Екатеринбурга, высокопродуктивные сорта европейского происхождения (Verko (Германия), Alfa, Artemis (Нидерланды), Гибралтар, Super Nova, Fortuna, Relaks, Saskiya (Дания)) в среднем за 2017-2021 гг. показывали урожайность СВ достоверно на 29,6-80,9 % ниже стандарта (сорт Сарга), при средней урожайности СВ в среднем за 4 года использования травостоев 0,57-2,11 кг/м². Сорта российской селекции Виктория, Таисия, Гюзель, Тулунская гибридная, а так же сорт люцерны изменчивой белорусской селекции - Белорусская, находились на уровне стандарта со средней урожайностью СВ в среднем за 4 года использования травостоев 2,52-3,39 кг/м², при урожайности СВ стандарта – 3,0 кг/м². Сорта Дарья и Изумруда с урожайностью СВ 3,89-4,07 кг/м² достоверно превосходили по урожайности стандарт, но находились на уровне сорта Виктория.

Наибольшей урожайностью семян, при четырехлетнем семенном использовании травостоев характеризуется сорт люцерны изменчивой Виктория, который превосходил стандарт (сорт Сарга) на 48,1 %. Сорта люцерны изменчивой Уралочка и Находка за аналогичный период формировали урожайность семян на уровне стандарта. Все остальные изученные нами сорта: Вела, Таисия, Дарья, Изумруда, Милена, Гюзель, Тулунская гибридная (Россия), Белорусская (Беларусь), Verko (Германия), Alfa, Artemis (Нидерланды), Гибралтар, Super Nova, Fortuna, Relaks, Saskiya (Дания), Gong Nong № 1 (Китай), уступали стандарту по урожайности семян на 23,8-71,8 %.

В условиях Среднего Урала, сорта с большей урожайностью СВ потенциально обладают и лучшей семенной продуктивностью. Корреляция рангов между урожайностью СВ и урожайностью семян $r_s=0,492$, достоверна при $p<0,05$.

10. При экологическом испытании в условиях юга Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) сорта и селекционные образцы уральской селекции: Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela × Сарга, обладали наиболее стабильной урожайностью семян – в среднем за 3 года исследований на уровне 76,3...84,2 г/м².

По общему урожаю СВ за трехлетний период они не уступают отечественным и импортным сортам: Артемида, Находка, Вега 87, Краснояружская 1, Краснояружская 2, Павловская 7 (Россия), Дакота (Канада), Верко, Плато (Германия),

Люзелль, Галакси (Франция), распространенным в ЦЧР, и позволяют получать в среднем за 3 года 516,8...537,9 г/м² СВ.

Минимальное проявление заболевания ВМЛ (оцененное по распространенности болезни) выявлено в посевах люцерны желтой сорта Павловская 7 (распространенность в среднем за 3 года использования 1,6 %). Среди сортов люцерны изменчивой и посевной наиболее сильно подвержены инфекции ВМЛ сорта европейской селекции – Галакси (Франция), Верко (Германия), Плато (Германия), Люзелль (Франция) – распространенность в среднем за 3 года 12,1...16,3 %.

В посевах сортов и селекционных образцов уральской селекции: Сарга, Виктория, 193-95 д, 20-89 Н, Vela × Сарга, распространенность ВМЛ составила 3,3...4,5 %.

11. Расчет потенциальной экономической эффективности возделывания различных сортов в условиях Среднего Урала показал, что при пятилетнем использовании травостоев стабильную эффективность получения сенажа обеспечивают сорта: Сарга (st) Виктория, Таисия, Дарья, Изумруда, Гюзель (Россия), Белорусская (Беларусь). Среди названных сортов минимальную себестоимость получения сенажа – 1 181,2 руб./т обеспечивал сорт Изумруда, что меньше стандарта (сорт Сарга), на 647,5 руб./т. Себестоимость сенажа из сортов Виктория, Таисия, Дарья, Гюзель (Россия), Белорусская (Беларусь) была ниже себестоимости стандарта – на 207,2-393 руб./т.

Наибольшей себестоимостью сенажа характеризовался сорт Гибралтар (Дания) – 10 541,5±5291,0 руб./т, что в 5,76 раз выше, чем у стандарта. Рентабельность сенажа из сортов колебалась от – 61,9 % (убыток) до 125 %. Наибольшей рентабельностью характеризовался сенаж из сорта Виктория, а наименьшей – из сорта Гибралтар.

Стабильно рентабельное производство семян в условиях Среднего Урала возможно при возделывании только трех сортов: Сарга, Виктория, Уралочка, с уровнем рентабельности в среднем за 2016-2021 гг., соответственно 97,0±44,0 % у сорта Сарга, 187,5±64,0 % у сорта Виктория и 99,5±74,4 % у сорта Уралочка.

Возделывание на семена сортов иностранной селекции: Verko (Германия), Alfa, Artemis (Нидерланды), Гибралтар, Super Nova, Fortuna, Relaks, Saskiya (Дания), Gong Nong № 1 (Китай) с рентабельностью производства семян (убыток) – 7,8...-52,2 %, и отечественных сортов: Вела, Дарья, Изумруда, Милена, Тулунская гибридная, Белорусская с рентабельностью (убыток) -3,7...-34,7 %, в условиях Среднего Урала экономически не эффективно. Возделывание сортов Таисия, Находка и Гюзель, отечественной селекции, не обеспечивает стабильную экономическую эффективность возделывания на семена в регионе (рентабельность в среднем за 5 лет -3,5±33,8 % ... 44,2±77,9 %).

12. В условиях Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) в среднем за 3 года использования травостоев наименьшая себестоимость сенажа отмечена у сортов Краснояружская 1, Артемида, Сарга, Виктория и селекционных образцов 193-95 д, 20-89 Н, Vela × Сарга – в пределах 1 367,4±180,3...1 564,9±53,0 руб./т.

Наименьшая рентабельность сенажа отмечена у сортов Люзелль и Галакси (72,1...78,8 %) с варьированием по годам $C_v=90,7 \dots 97,0 \%$, а так же у сортов Вега 87 и Находка российской селекции (76,3... 77,1 %) с варьированием по годам

$C_v=19,4\dots26,4\%$. Сорты и селекционные образцы уральской селекции показывали рентабельность производства в пределах $95,0\dots99,6\%$ с минимальным варьированием по годам ($C_v=1,1\dots9,6\%$).

В условиях юга ЦЧР средним за 3 года использования травостоев сорта селекции Франции, Германии характеризуясь минимальной семенной продуктивностью, обеспечивали наибольшую себестоимость семян: Верко – $524,45\pm267,15$ руб./кг, Плато – $820,77\pm494,97$ руб./кг, Люзелль – $737,41\pm493,90$ руб./кг, Галакси – $965,33\pm504,12$ руб./кг, с себестоимостью семян в 2,0-3,7 раза выше, чем у стандартного сорта Белгородская 86. В результате производство семян этих сортов в условиях региона было убыточно (рентабельность (убыток) от $-29,4\pm 34,0\%$ у сорта Дакота, до $-83,3\pm105,5\%$ у сорта Галакси).

Сорты и созданные селекционные образцы уральской селекции обладали максимальной эффективностью семеноводства в условиях ЦЧР, как потенциального региона для промышленного семеноводства люцерны. Уровень рентабельности производства семян в среднем за 3 года использования травостоев – от $51,0\pm5,2\%$ у селекционного образца Vela×Сарга, до $55,9\pm3,4\%$ у сорта Сарга и себестоимость семян $147,50\pm18,23$ руб./кг у сорта Сарга и $164,09\pm24,42$ руб./кг у селекционного образца Vela×Сарга.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Перспективные сорта и созданные селекционные образцы, которые необходимо использовать в селекционной практике научных учреждений Урала и других регионов с коротким вегетационным периодом в качестве источников признаков:

- зимостойкости – 118-2, СГП-2, Сарга, Виктория, Уралочка (Россия, Уральский НИИСХ);
- высокого автотриппинга – Ellerslaie 1 (Канада), Vela (Дания), Йыгева 118 (Литва), Alfa II (Швеция), Alfa (Швеция), 20-89 Н, 202-06, Сарга, Виктория, Уралочка (Россия, Уральский НИИСХ);
- высокой кормовой продуктивности – 20-89 Н, 192-92, 197-06, 198-06, сорт Виктория (Россия, Уральский НИИСХ);
- высокой семенной продуктивности – 20-89 Н, 193-95д, 15-87 Н, 202-06, СГП-2, Vela×Сарга, сорта Сарга, Виктория, Уралочка (Россия, Уральский НИИСХ);

2. В селекционном процессе на семенную продуктивность можно исключать прием самоопыления искусственным триппингом цветков, как не доказавший своего преимущества. Для эффективного самоопыления достаточно изоляции растений сортов, склонных к самоопылению. Это позволяет в дальнейшем упростить и удешевить получение самоопыленных линий люцерны в процессе селекции.

3. Для возделывания, производственного сортоиспытания и внедрения в хозяйствах различных регионов предлагается широко использовать сорта люцерны изменчивой, обладающие высокой семенной и кормовой продуктивностью, вклю-

ченные в Госреестр селекционных достижений, разрешенных к возделыванию: сорт Сарга – в Северном (1), Северо-Западном (2), Центральном (3), Волго-Вятском (4), Средневолжском (7), Уральском (9), Западно-Сибирском (10), Восточно-Сибирском (11); сорт Уралочка – в Центральном (3), Волго-Вятском (4), Уральском (9), Западно-Сибирском (10), Восточно-Сибирском (11); сорт Виктория – в Северо-Западном (2), Волго-Вятском (4), Центрально-Черноземном (5), Средневолжском (7), Уральском (9), Западно-Сибирском (10) и Восточно-Сибирском (11) регионах Российской Федерации.

4. Для повышения семенной и кормовой продуктивности люцерны изменчивой и ее устойчивости к «ведьминой метле» люцерны (ВМЛ) в зонах ее распространения в селекционной работе необходимо использовать уральские сорта Сарга, Виктория и селекционные образцы 193-95 д, 20-89 Н, Vela x Сарга и желтую люцерну сорт Павловская 7 (Россия, ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»).

Список работ, опубликованных авторов по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК

1. **Тормозин, М. А.** Продуктивность многолетних трав при возделывании их в условиях Свердловской области / М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – № 3(15). – С. 68-71.
2. Нагибин, А. Е. Селекционная работа по люцерне на Среднем Урале / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин**, А. А. Зырянцева // *Аграрный вестник Урала*. – 2015. – № 7(137). – С. 20-24.
3. **Тормозин, М. А.** Повышение эффективности возделывания многолетних трав на Среднем Урале / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин // *АПК России*. – 2015. – Т. 73. – С. 125-128.
4. Нагибин, А. Е. Сорта многолетних бобовых трав селекции Уральского НИИСХ / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин**, А. А. Зырянцева // *АПК России*. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 294-299.
5. Нагибин, А. Е. Новый перспективный сорт люцерны изменчивой (*Medicago sativa* L. nothosubsp. *varia* (Martyn) Arcang) Виктория / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин**, А. А. Зырянцева // *Кормопроизводство*. – 2016. – № 6. – С. 46-48.
6. Нагибин, А. Е. Новые сорта бобовых трав для кормопроизводства Свердловской области / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин**, А. А. Зырянцева // *АПК России*. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 614-617.
7. **Тормозин, М. А.** Новые сорта люцерны изменчивой и клевера лугового селекции ФГБНУ "Уральский НИИСХ" / М. А. Тормозин // *Пермский аграрный вестник*. – 2017. – № 2(18). – С. 76-80.
8. Косолапов, В. М. Пути увеличения производства растительного белка на основе использования бобовых и крестоцветных культур в Уральском федеральном округе / В. М. Косолапов, Н. Н. Зезин, **М. А. Тормозин**, А. Б. Пономарев // *Кормопроизводство*. – 2017. – № 2. – С. 22-26.
9. **Тормозин, М. А.** Сравнительное изучение сортообразцов люцерны в условиях Урала / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин, А. А. Зырянцева // *Пермский аграрный вестник*. – 2018. – № 3(23). – С. 86-92.
10. **Тормозин, М. А.** Новые перспективные линии люцерны уральской селекции с комплексом хозяйственно ценных признаков / М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – № 1(29). – С. 78-84.
11. **Тормозин, М. А.** Изучение самофертильных, автотриппингующихся линий люцерны - основа создания высокопродуктивных сортов / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин, А. А. Зырянцева // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – Т. 33, № 1. – С. 30-33.

12. **Тормозин, М. А.** Изучение коллекции люцерны в условиях Среднего Урала по основным хозяйственно ценным признакам / М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 8. – С. 56-59.

13. **Тормозин, М. А.** Реализация продуктивного потенциала популяций *Medicago varia* Mart. в условиях Среднего Урала / М. А. Тормозин, В. И. Чернявских // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 18-22.

14. **Тормозин, М. А.** Сравнительная оценка сложногибридных популяций люцерны изменчивой, созданных на основе форм с высокой самофертильностью, в условиях Среднего Урала / М. А. Тормозин // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 10. – С. 53–58.

15. **Тормозин, М. А.** Экологическое изучение сортообразцов люцерны различного географического происхождения в условиях юга Среднерусской возвышенности / М. А. Тормозин, В. И. Чернявских, Л. Д. Сайфутдинова, А. А. Зырянцева // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 1. – С. 20-24.

16. **Tormozin, M. A.** Screening of promising selection samples of alfalfa variable in productivity and longevity / M. A. Tormozin, A. A. Zyryantseva // International Journal of Biology and Biomedical Engineering. – 2020. – Vol. 14. – P. 43-48. (**Scopus**).

Патенты на селекционные достижения

1. Люцерна изменчивая Уралочка : патент № 1112 Российская Федерация. № 9905251: заявл. 25.11.1999 / В. П. Захаров, Г. Н. Лыгалова, А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** [и др.] ; патентообладатель ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

2. Люцерна изменчивая Уралочка : авт. свидетельство № 33397 Российская Федерация. № 9905251: заявл. 25.11.1999 / В. П. Захаров, Г. Н. Лыгалова, А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** [и др.] ; заявитель ГНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

3. Люцерна изменчивая Виктория : патент № 8460 Российская Федерация. № 8756413 : заявл. 20.11.2012 / А. А. Зырянцева, Г. Н. Лыгалова, А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** ; патентообладатель ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

4. Люцерна изменчивая Виктория: авт. свидетельство № 59665 Российская Федерация. № № 8756413; заявл. 20.11.2012 / А. А. Зырянцева, Г. Н. Лыгалова, А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** ; зарегистрировано в Гос. реестре охраняемых селекционных достижений 14.04.2016 патентообладатель ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

Монографии

1. Опыт использования перспективных засухоустойчивых кормовых культур в кормопроизводстве Свердловской области / Н. Н. Зезин, М. Ю. Севостьянов, П. А. Постников, **М. А. Тормозин** [и др.]. – Екатеринбург: «Издательство «Раритет», 2023. – 82 с.

2. Современное кормопроизводство Урала (монография) / Н. Н. Зезин, А. Э. Панфилов, А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** [и др.]; Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Екатеринбург: Информационно-рекламное агентство Уральской Торговой Компании, 2019. – 265 с.

3. Нагибин, А. Е. Травы в системе кормопроизводства Урала / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин**, А. А. Зырянцева; Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Медиа-холдинг "Уральский Рабочий", 2018. – 784 с.

Статьи в прочих изданиях

1. **Тормозин, М. А.** Новые сорта многолетних бобовых трав / М. А. Тормозин // Научные достижения в области селекции, семеноводства сельскохозяйственных культур и заготовки кормов: Тезисы докладов на научно-практической конференции по теме, Екатеринбург, 25–26

июля 1996 года. – Екатеринбург: Информационно-рекламное агентство Уральской торговой компании, 1996. – С. 10-12.

2. Нагибин, А. Е. Исходный материал для селекции люцерны в условиях Среднего Урала / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин**, Р. Р. Хафизов // Труды Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства: Селекция, семеноводство и технология выращивания основных сельскохозяйственных культур на Среднем Урале. Том 59. – Екатеринбург: Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2000. – С. 62-69.

3. **Тормозин, М. А.** Новые сорта многолетних бобовых трав селекции УралНИИСХ / М. А. Тормозин // Вопросы повышения эффективности сельскохозяйственного производства на Среднем Урале. – Екатеринбург: Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2003. – С. 84-89.

4. Нагибин, А. Е. Селекция многолетних бобовых трав в Уральском НИИСХ / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Нива Урала. – 2004. – № 1. – С. 20.

5. Люцерна изменчивая Уралочка / В. П. Захаров, Г. Н. Лыгалова, А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** [и др.] // Нива Урала. – 2004. – № 4. – С. 5.

6. Нагибин, А. Е. Бобовые травы в кормосырьевом конвейере / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Луговые травы для сенокосов и пастбищ Среднего Урала: селекция и использование. – Екатеринбург: Ротапринт ГНУ Уральский НИИСХ, 2005. – С. 11-15. – EDN UKUWYD.

7. Нагибин, А. Е. Основные результаты селекции многолетних бобовых трав в ГНУ Уральский НИИСХ / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Аграрная наука Урала: вопросы теории и практики: Материалы научно-практической конференции, Челябинск, 28–29 июля 2004 года. – Челябинск: Типография: «Транспорт», 2005. – С. 118-125.

8. Нагибин, А. Е. Селекция многолетних бобовых трав в Уральском НИИСХ / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Луговые травы для сенокосов и пастбищ Среднего Урала: селекция и использование. – Екатеринбург: Ротапринт ГНУ Уральский НИИСХ, 2005. – С. 4-6.

9. Нагибин, А. Е. Сорта многолетних бобовых трав для XXI века / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Достижения сельскохозяйственной науки Урала – агропромышленному комплексу: Сборник научных трудов, посвященный 50-летию образования Уральского НИИСХ. Том 61. – Екатеринбург: Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2006. – С. 160-171.

10. Нагибин, А. Е. Селекция многолетних бобовых трав в Уральском НИИСХ / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Нива Урала. – 2008. – № S1. – С. 11.

11. Нагибин, А. Е. Виды и сорта многолетних бобовых трав для кормопроизводства Урала / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Нива Урала. – 2008. – № 3. – С. 26-28.

12. Нагибин, А. Е. Значение вида и сорта многолетних бобовых трав для кормопроизводства Урала / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Эффективность адаптивных технологий в растениеводстве и животноводстве: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию почетного гражданина Удмуртской Республики, председателя СХПК - Племязавод им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики В.Е. Калинина, Ижевск, 25–27 марта 2008 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – С. 103-107.

13. Нагибин, А. Е. Многолетние бобовые травы – основа кормосырьевого конвейера / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Нива Урала. – 2009. – № 4. – С. 7-8.

14. Нагибин, А. Семеноводство клевера лугового и люцерны как фактор стабилизации растениеводства в условиях Среднего Урала / А. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Нива Урала. – 2009. – № 7. – С. 26-27.

15. Нагибин, А. Е. Пути увеличения производства растительного белка в Свердловской области / А. Е. Нагибин, **М. А. Тормозин** // Научное наследие Т.С. Мальцева и современные проблемы земледелия России: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 115-й годовщине со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева, Курган, 11 августа 2010 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2011. – С. 168-172.

16. Нагибин, А. Е. Бобовые травы – главный источник объемистых кормов / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин // Стратегия развития кормопроизводства в условиях глобального изменения климатических условий и использования достижений отечественной селекции: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию Уральского НИИ Сельского Хозяйства, Екатеринбург, 03–05 августа 2011 года. Том 1. – Екатеринбург: Издательство АМБ, 2011. – С. 333-337.
17. Нагибин, А. Е. Люцерна на Урале / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин // Стратегия развития кормопроизводства в условиях глобального изменения климатических условий и использования достижений отечественной селекции: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию Уральского НИИ Сельского Хозяйства, Екатеринбург, 03–05 августа 2011 года. Том 1. – Екатеринбург: Издательство АМБ, 2011. – С. 343-347.
18. Нагибин, А. Е. Бобовые травы – главный источник объемистых кормов / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин // Нива Урала. – 2011. – № 6-7. – С. 28-29.
19. Нагибин, А. Е. Успехи и дальнейшие задачи селекционной работы по люцерне на Урале / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин // Агропродовольственная политика России. – 2012. – № 6. – С. 56-58.
20. Тормозин, М. А. Многолетние бобовые травы в кормопроизводстве Свердловской области / М. А. Тормозин // Новые горизонты аграрной науки Урала: Сборник научных трудов ГНУ Уральский НИИСХ (к зональным совещаниям по проведению полевых работ в Свердловской области в 2014 году). Том 62. – Екатеринбург: Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2014. – С. 100-110.
21. Тормозин, М. А. Значение различных видов люцерны в кормопроизводстве / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин // Достижения науки - агропромышленному производству : Материалы LIII международной научно-технической конференции, Челябинск, 30 января – 01 февраля 2014 года / под редакцией П. Г. Свечникова. Том Часть V. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2014. – С. 211-216.
22. Тормозин, М. А. Продуктивность многолетних трав при возделывании их в лесостепи Среднего Урала / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин // Достижения науки - агропромышленному производству : Материалы LIV международной научно-технической конференции, Челябинск, 20–30 января 2015 года / Под редакцией П.Г. Свечникова. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2015. – С. 83-89.
23. Нагибин, А. Е. Оценка и подбор исходного материала для селекции люцерны на Урале / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // Коняевские чтения: V Юбилейная Международная научно-практическая конференция. Посвящается 100-летию со дня рождения выдающегося ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного деятеля науки РСФСР Коняева Николая Федоровича, Екатеринбург, 26–28 ноября 2015 года. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью Универсальная Типография «Альфа Принт», 2016. – С. 346-348.
24. Нагибин, А. Е. История работы лаборатории селекции и семеноводства многолетних бобовых трав в Свердловской области ФГБНУ «Уральский НИИСХ» / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // Научные достижения и инновационные подходы к решению проблем растениеводства и животноводства на Урале: Сб. науч. тр. ФГБНУ «Уральский НИИСХ», посвященный 60-летию института / Издается по решению Ученого совета ФГБНУ «Уральский НИИСХ», протокол № 5 от 24 мая 2016 г. Том 63. – Екатеринбург: ООО «Информационно-рекламное агентство Уральской Торговой Компании» (ООО «ИРА УТК»), 2016. – С. 174-180.
25. Нагибин, А. Е. Результаты оценки селекционных образцов и сортов люцерны ФГБНУ «Уральский НИИСХ» / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // Научные достижения и инновационные подходы к решению проблем растениеводства и животноводства на Урале : Сборник научных трудов ФГБНУ «Уральский НИИСХ», посвященный 60-летию института / Издается по решению Ученого совета ФГБНУ «Уральский НИИСХ», протокол № 5 от 24 мая 2016 г. Т. 63. – Екатеринбург: ООО "Информационно-рекламное агентство Уральской Торговой Компании" (ООО "ИРА УТК"), 2016. – С. 181-190.

26. Нагибин, А. Е. Сорты многолетних бобовых трав селекции Уральского НИИСХ / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 294-299.
27. Тормозин М.А. Сорты люцерны Уральской селекции: (рекомендации) / М.А.Тормозин, Зырянцева А.А., Нагибин А.Е., Зезин Н.Н., Колотов А.П., Вяткина Г.В. – Издается по решению Ученого совета ФГБНУ «Уральский НИИСХ», протокол № 5 от 22 мая 2017 г. – Екатеринбург : ООО "Информационно-рекламное агентство Уральской Торговой Компании» (ООО "ИРА УТК"), 2017. – 18 с. – ISBN 978-5-93667-206-4.
28. Тормозин, М. А. Использование самофертильных автотриппингующихся линий люцерны для селекции в условиях Свердловской области / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин, А. А. Зырянцева // Идеи Н. И. Вавилова в современном мире : Тезисы докладов IV Вавиловской международной научной конференции, Санкт-Петербург, 20–24 ноября 2017 года / Федеральное агентство научных организаций; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР); Вавиловское общество генетиков и селекционеров Санкт-Петербурга; Научный совет «Биология и медицина»; Санкт-Петербургский научный центр РАН. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», 2017. – С. 320-321.
29. Зырянцева, А. А. Использование самофертильных автотриппингующихся линий люцерны для селекции в условиях Свердловской области / А. А. Зырянцева, А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы III международной научно-практической конференции, Киров, 04–05 апреля 2017 года. – Киров: Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 2017. – С. 365-370.
30. Нагибин, А. Е. Сорты многолетних трав уральской селекции / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // Нива Урала. – 2017. – № 1. – С. 26-27.
31. Нагибин, А. Е. Сортоиспытание новых сортов люцерны изменчивой и клевера лугового Уральской селекции / А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, А. А. Зырянцева // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 6. – С. 31-34.
32. Тормозин, М. А. Сравнительное изучение сортообразцов люцерны изменчивой (*Medicago sativa* L. Nothosubsp. *varia* (Martyn) arcang.) и люцерны посевной (*Medicago sativa* L. Subsp. *Sativa*) отечественной и зарубежной селекции по питательной ценности в условиях Свердловской области / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин, А. А. Зырянцева // Селекция и семеноводство в растениеводстве: Сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК», Екатеринбург, 08–09 февраля 2018 года. – Екатеринбург: Уральское аграрное издательство, 2018. – С. 297-305.
33. Тормозин, М. А. Сравнительное изучение сортообразцов люцерны отечественной и зарубежной селекции по питательной ценности в условиях Свердловской области / М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин, А. А. Зырянцева // Состояние и перспективы научного обеспечения АПК Сибири: Материалы научно-практической конференции, посвященная 190-летию опытного дела в Сибири, 100-летию сельскохозяйственной науки в Омском Прииртышье и 85-летию образования Сибирского НИИ сельского хозяйства, Омск, 17–18 июля 2018 года / Ответственный за выпуск: Бойко В.С.. – Омск: типография ИП Макшеевой Е.А., 2018. – С. 219-224.
34. Петрина, О. В. Особенности развития корневой системы люцерны синей и люцерны изменчивой в условиях лесостепной зоны среднего Урала / О. В. Петрина, М. А. Тормозин // От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. Инновационные технологии в растениеводстве, традиционном, органическом и ресурсосберегающем земледелии : сборник статей, Екатеринбург, 24–25 марта 2022 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 113-116.