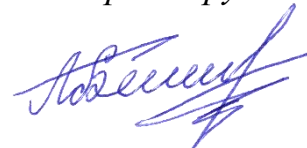


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

На правах рукописи



Блинник Алексей Сергеевич

**«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И
УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА»**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор В.Н. Наумкин

Белгород – 2024 г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮПИНА (обзор литературы).....	11
1.1. Современное состояние, проблемы и перспективы возделывания люпина	11
1.2. Культура люпина, его морфологические, биологические особенности	15
1.3. Роль сорта при возделывании люпина.....	20
1.4. Оптимизация минерального питания в формировании продуктивности люпина белого	24
Глава 2. ПОЧВЕННЫЕ, МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	33
2.1. Краткая характеристика почвенно-климатических условий Центрально- Черноземного региона	33
2.2 Метеорологические условия в годы проведения исследований	34
2.3. Программа и методика проведения исследований	37
Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	42
3.1. Полевая всхожесть, выживаемость и продолжительность вегетации.....	43
3.2. Особенности формирования линейного роста и биомассы растений люпина белого.....	47
3.3. Особенности формирования фотосинтетического аппарата растений люпина белого.....	53
3.4. Особенности функционирования симбиотического аппарата растений люпина белого	61
3.5. Урожайность семян и элементы структуры урожая люпина белого	66
3.6. Кормовая ценность семян люпина белого.....	71
3.7. Экономическое и биоэнергетическое обоснование возделывания люпина	74
Глава 4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И НОВЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО	78
4.1. Особенности развития, линейный рост сортов и сортообразцов люпина ...	79
4.2. Урожайность семян и элементы продуктивности сортов и сортообразцов люпина.....	84
4.3. Показатели качества семян сортов и сортообразцов люпина белого	89

4.4. Агробиологические возможности сортов и сортообразцов люпина белого	91
4.5. Биоэнергетическая оценка сортов и сортообразцов люпина белого	96
4.6. Оценка основных агробиологических показателей сортов люпина белого для региональной технологии возделывания.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	109
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	111
ПРИЛОЖЕНИЕ	135
Приложение А Технологическая схема возделывания люпина белого	136
Приложение Б Акт внедрения результатов в ООО «Грайворон-Агроинвест».....	138
Приложение В Акт внедрения результатов в ИП глава КФХ Драп И.И.....	140

ВВЕДЕНИЕ

В Центральном Черноземье, как и других регионах Российской Федерации, важным направлением в сельском хозяйстве является решение дефицита растительного белка в кормах, что значительно сдерживает развитие отечественного животноводства. Препятствует эффективному использованию генетически детерминированного потенциала высокопродуктивных пород животных [38]. Выделяют одну из причин недостатка растительного белка в кормах – высокое содержание в растительной массе низкокалорийного белка [120; 151; 167]. Поэтому высокие темпы развития современного животноводства ставят вопрос о необходимости поиска альтернативных путей расширения кормовой базы, в которой также важнейшую роль играют протеины. По данным отечественных ученых и специалистов в области кормления, дефицит протеина составляет примерно 29 % [37; 63; 79].

Источником поступления растительного белка пока остаются зерновые культуры, однолетние и многолетние бобовые травы [120]. Однако, следует отметить, что для первых получение более высокой продуктивности соответствующего качества основывается на внесении азотных удобрений. В то же время, вторые в основном возделываются для производства травяных кормов. Более того, универсальным использованием обладают зерновые бобовые культуры, а также кормовой люпин. Эти культуры формируют зеленую массу и семена, богатые белком, благодаря своему симбиотическому аппарату [6; 99].

Значение такой культуры как люпин, в биологизации земледелия России объективно возрастает. Это обуславливается высокими кормовыми достоинствами этой культуры. Более того, новые сорта однолетних видов содержат в семенах 30-40% белка и не уступают сое по этому показателю. Кроме того, переваримость белка люпина высокая находится на уровне рыбной муки и составляет 85,5%, тогда как у рыбной муки этот показатель равен 86,6%. Люпин имеет относительно низкую энергоемкость возделывания, обладает разнообразным использованием, не

требователен к плодородию почвы [87; 131; 187]. Высокий биологический и экономический потенциал люпина делает возможность его использования в биологизации земледелия и использования в разных регионах России [2; 91].

Условия Центрально-Черноземного региона вполне благоприятны для ведения сельского хозяйства, интенсивного развития кормопроизводства на основе получения высоких урожаев культур с разной потребностью в тепле и влаге. В то же время, из-за большой неустойчивости погодных условий, культурные растения испытывают недостаток влаги, повреждаются поздними весенними заморозками [108; 113].

Мотивацию к поиску решения повышения продуктивности люпина белого в современных реалиях очевидна в связи с созданием высоко продуктивных сортов с высоким содержанием белка, низкой алкалоидностью и отзывчивостью на технические приемы возделывания. К сожалению, создание сортов трудоемкий и долгий процесс. По этому предприятиям более доступны другие приемы повышения продуктивности: выбор предшественника, обработка почвы, внесение минеральных удобрений и тд. [96]. По мнению Гатаулиной Г.Г., к основным недостаткам зернобобовых культур относится более низкая урожайность их по сравнению с зерновыми, а также нестабильность относительно высокой, достигнутой адаптивными сортами урожайности по годам [40]. Поэтому требуется интенсификация технологий возделывания зернобобовых в том числе и кормовых видов люпина. Оценка и внедрение в производство высоко продуктивных, устойчивых к внешним условиям современных новых сортов, более многогранное использование основных факторов жизни растений, оптимизация минерального питания с целью повышения продуктивности посевов.

Актуальность работы. В связи со сложной экономической ситуацией в России необходимо ускоренное и устойчивое наращивание производства сельскохозяйственной продукции, повышение эффективности земледелия и растениеводства для более полного удовлетворения потребностей населения в качественных продуктах, а животных – в сбалансированных кормах, создание

необходимых государственных резервов продукции. Для решения этой проблемы требуется расширение посевов зерновых бобовых культур и, прежде всего, кормового люпина, создание в конкретных условиях максимальной биологической азотфиксации, обеспечивающей эффективность производства. В современной земледелии, в связи с эскалацией рыночных отношений, проблема дефицита растительного белка в мире резко возросла, появилась потребность в поиске альтернативы сои, которая по продуктивности и содержанию белка не уступает кормовому люпину. В семенах люпина белого (*Lupinus albus L.*) содержится 37-40% белка, что превосходит другие зерновые бобовые культуры.

Люпин белый – одна из перспективных, высокопродуктивных зерновых бобовых культур, расширение производства которой является важной народнохозяйственной задачей, решение которой может сыграть значительную роль в интенсификации растениеводства и биологизации земледелия региона. Несмотря на высокие достоинства люпина белого и его большой биологический потенциал, он не получил широкого распространения в предприятиях региона.

Для получения в Центрально-Черноземном регионе высоких сборов высокопротеиновых семян люпина белого необходимы научно-обоснованные технологии его возделывания, которые для региона разработаны недостаточно полно, а для новых сортов не разработаны вовсе. В связи с этим, необходимо в региональной технологии возделывания оптимизировать применение минеральных макро- и микроудобрений для лучших сортов люпина белого, что и стало определяющим актуальность наших исследований.

Степень разработанности. Большой вклад в разработку и совершенствование технологии возделывания, оценку сортов и распространение посевов люпина в разных почвенно-климатических условиях внесли многие ученые и селекционеры: И.П. Такунов (1996), П.А. Агеева (2000), А.И. Артюхов (2008), Т.В. Яговенко (2008), В.А. Сергеева (2009), О.Д. Мещеряков (2012), Г.Г. Гатаулина (2013, 2014, 2021), А.А. Муравьев (2013), М.И. Лукашевич (2014), В.Н. Наумкин (2015, 2019), Т.Н. Слесарева (2015), О.Ю. Куренская (2015), В.В.

Конончук (2020, 2023), С.В. Резвякова (2020), Г.Л. Яговенко (2020, 2022), С.И. Коконов (2021, 2023), С.М. Тимошенко (2021) и многие другие.

Однако, мнения авторов по данным вопросам не всегда совпадают. Использование микроудобрений нового поколения в хелатной форме, их влияние на физиологические и симбиотические особенности растений, урожайность и качество семян люпина изучены недостаточно. Применение микроудобрений «Аквამикс-Т» при обработке семян, «Аквамикс-ТВ» и макроудобрений сернокислого калия (K_2SO_4) и монофосфата калия (KH_2PO_4) при листовой подкормке растений люпина изучено впервые.

Цель исследований. Цель работы заключается в разработке технологических приемов возделывания люпина белого на основе рационального применения минеральных удобрений, адаптивных сортов и сортообразцов, обеспечивающих высокий уровень урожайности и качества семян в условиях Центрально-Черноземного региона.

Задачи исследований:

– определить особенности роста и развития растений, основные закономерности фотосинтетической и симбиотической деятельности посева люпина белого в зависимости от предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений макро- и микроудобрениями;

– установить влияние предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений минеральными макро- и микроудобрениями на урожайность и качество семян люпина белого;

– определить лучшие по агроэкологическим показателям сорта люпина белого для использования в адаптивной технологии, а сортообразцы – для оценки в Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений;

– провести экономическую и биоэнергетическую оценку возделывания люпина белого при использовании макро- и микроудобрений, различных сортов и сортообразцов;

– обосновать и рекомендовать эффективные приемы в региональную технологию возделывания люпина белого, способствующие повышению продуктивности посева.

Изучаемые вопросы по культуре люпина являются составной частью тематического плана ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина.

Научная новизна. Впервые на основе комплексного и многостороннего изучения выявлены и обоснованы наиболее перспективные минеральные макро- и микроудобрения нового поколения, их сочетания для предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений люпина белого, как альтернатива традиционным минеральным удобрениям, влияние их на продукционный процесс, урожайность и биохимический состав семян, а также дана агробиологическая оценка новых сортов и сортообразцов люпина белого, способствующих формировать высокую урожайность и качество семян в регионе. Данные приемы в технологии возделывания являются основополагающими, так как обеспечивают получение более высоких и стабильных урожаев, экологически полноценной и безопасной продукции при экономической и биоэнергетической эффективности производства.

Теоретическая и практическая значимость. В результате проведенных многолетних исследований установлены закономерности применения макро- и микроудобрений с целью оптимизации условий минерального питания для активации роста и развития растений, увеличения урожайности и качества семян люпина белого путем предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений. Также определены высоко продуктивные сорта для региональной технологии возделывания, а новые, лучшие сортообразцы для генетического потенциала люпина белого, оценки в Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений с дальнейшим применением в производстве.

Основные положения научных исследований включены в лекционные курсы «Растениеводство», «Адаптивное растениеводство», «Агрехимия и агропочвоведение», «Селекция и семеноводство», «Кормопроизводство» в ФГБОУ

ВО «Белгородский государственный университет имени В.Я. Горина», используются при проведении семинаров и курсов повышения квалификации специалистов агропромышленного комплекса Белгородской области.

Методология и методы диссертационного исследования. Методология полевого эксперимента была основана на теоретических и эмпирических методах исследований, системном подходе рассматриваемых приемов в условиях Центрально-Черноземного региона. В диссертации использованы аналитические, экспериментальные, математические, экономические и биоэнергетические методы исследований применительно к изучаемой культуре.

Положения, выносимые на защиту:

- особенности роста и развития, фотосинтетической и симбиотической деятельности растений при оптимизации минерального питания люпина белого;
- формирование урожая и качества семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений;
- целесообразность использования сортов люпина белого в региональной технологии, а лучших сортообразцов для оценки в Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений;
- результаты экономической и биоэнергетической эффективности возделывания люпина белого;
- технологические приемы для совершенствования региональной технологии возделывания люпина белого.

Степень достоверности и апробация работы. Основные положения диссертации представлены и доложены на заседаниях кафедры растениеводства, селекции и овощеводства агрономического факультета в 2020-2022 гг., Ученом совете агрономического факультета в 2020-2024 гг.

Производственное испытание приемов возделывания люпина белого прошли проверку в ООО «Грайворон-Агроинвест» в Грайворонском районе Белгородской области в 2021 году и в ИП главы КФХ Драп И.И. Болховского района Орловской

области в 2022 году и могут в дальнейшем использоваться в условиях Центрально-Черноземного региона.

Результаты проведенных исследований представлены на международной научно-практической конференции (Мичуринский ГАУ, 2021 г.), Всероссийской (Национальной) научно-практической онлайн - конференции (Орловский ГАУ, 2022 г.), XXVI Международной научно-практической конференции (Белгородский ГАУ, 2022 г.), Международных студенческих научных конференциях (Белгородский ГАУ, 2020, 2021, 2022, 2023 гг.), Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России в номинации «Агронимия», категория «Аспиранты и молодые ученые» (2022 г. и 2023 г.).

Личный вклад автора. Совместно с научным руководителем подготовлена программа научных исследований, лично проведены полевые опыты, наблюдения, учеты и анализы, статистическая обработка, экономическая и биоэнергетическая оценка полученных результатов, разработаны рекомендации, сформулированы заключения и предложения производству. Все материалы, публикации, по данной тематике были подготовлены автором лично.

Публикации. По материалам исследований опубликовано в открытой печати 24 научных работ, из них 6 статей в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в журналах входящие в базу Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 141 странице, состоит из введения, основной части, содержащей 31 таблицу, заключения, предложения производству, списка литературы, включающего 205 источников, в том числе 8 на иностранном языке, и 3 приложений.

Глава 1. АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮПИНА (обзор литературы)

1.1. Современное состояние, проблемы и перспективы возделывания люпина

Производство зерновых и зернобобовых культур составляет основу сельскохозяйственного производства России, от развития которого зависит продовольственная безопасность страны, обеспеченность населения биологически полноценными и экологически безопасными продуктами, а сельскохозяйственных животных – высококачественными кормами.

В структуре общих посевных площадей России, занятых кормовым люпином на семена, приходится 64,5 тыс. га, из которых доля Центрально-Черноземного региона составляет 39,5 тыс. га.

Соотношение площадей, занятых под посевами кормового люпина современных сельхозпредприятий всех категорий субъектов Центрально-Черноземного региона, неоднородна. Так, наибольшая площадь посевов приходится на Орловскую область в среднем эта доля составляет 47,0 % или 18,8 тыс. га. В Курской области – 18,0%, Липецкой – 17,0% и Белгородской области – около 5,0%.

Анализ данных урожайности кормового люпина Федеральной службы государственной статистики за последние несколько лет показал, что средняя урожайность семян в Российской Федерации составляет 1,95 т/га, в Центральном федеральном округе – 2,08 т/га. В Центрально-Черноземном регионе этот показатель был на таком же уровне и составил 2,02 т/га. При этом биологический потенциал урожайности люпина белого – более 5,0 т/га [93; 139; 148; 185].

Согласно расчетам аналитиков, основными странами-экспортерами семян люпина кроме России являются Германия и Беларусь, а также Египет, Литва, Украина, Израиль и Грузия.

В России наблюдается огромный, превосходящий все мировые нормативы расход кормов на единицу растениеводческой продукции, что связано с дефицитом белка в кормопроизводстве, приводящим к росту стоимости животноводческой продукции на 30-40%. По различным оценкам, в мире недостаток белка составляет около 25-30% от общей потребности, который в России восполняется частично собственным производством и импортом сои. Значительная зависимость от импорта существенно снижает конкурентоспособность отечественных производителей продукции растениеводства, создает угрозу продовольственной безопасности страны [152; 189].

Сегодня в мире лишь только две культуры соя и люпин способны удовлетворить потребности в белке современного интенсивно развивающегося животноводства [63; 164]. По мнению Гатаулиной Г.Г. в России ставка делается на сою, но немалую роль в окончательном решении кормовой проблемы должен сыграть люпин. Коммерческие сорта люпина способны накапливать в зерне до 35-40% белка, некоторые новые сорта и до 45%, жира 10-12% [44]. Не малое значение имеет содержание ряда в нем важных аминокислот входящих в состав белков: глутаминовая кислота 20,4 %, аспарагиновая 10,9%, лизиновая кислота 4,7% и минимальное количество метионина и триптофана 0,53 и 0,69% [162; 190].

Для восполнения дефицита растительного белка потребуется существенное увеличение продуктивности и посевных площадей люпина до около 3,5 млн гектаров, для чего имеются высокоинтенсивные районированные сорта отечественной селекции и семеноводческая база ВНИИ люпина [44].

Однако, высокий агробиологический потенциал люпина полностью не используется в связи с высокой засоренностью посевов, поражаемостью люпина болезнями и недостаточной изученностью всех аспектов технологии по

стимулированию продуктивности растений особенно, макро- и микроудобрениями.

Наибольшую вредоносность люпину наносят многолетние корнеотпрысковые и корневищные сорные растения – осот розовый, осот полевой, вьюнок полевой, и другие. Установлено, что при превышении ЭПВ снижается семенная продуктивность люпина на 8-11 кг/га [74]. Многие литературные данные свидетельствуют, что возделывание люпина на сильно засоренных многолетними сорными растениями участках недопустимо [26;. 173].

Люпин проявляет высокую селективность к гербицидам, которые вызывают угнетение растений и даже их гибель [7; 31]. Установлено, что нельзя применять гербициды почвенного действия в годы с пересохшим верхним слоем почвы, поэтому возрастает роль послевсходового применения гербицидов.

В то же время химический метод борьбы с сорными растениями в посевах культивируемых видов люпина в настоящее время основывается в основном на довсходовом применении. Однако, в условиях изменения климатических условий в сторону недостатка влаги следует ожидать снижения технической эффективности гербицидов для довсходового применения [27; 112; 179].

Установлено, что на растениях люпина, наиболее распространенными и вредоносными болезнями являются антракноз и фузариоз, вредоносность которых меняется в зависимости от климатических условий года, но самой вредоносной болезнью по-прежнему является антракноз. Одним из основных источников распространения болезней в посевах люпина являются зараженные семена, из которых вырастают больные растения. Передача вирусной инфекции от растения к растению происходит с помощью тли [8; 80; 103; 143].

Люпин поражается различными видами многоядных и специализированных вредителей, из которых основными являются: ростковая муха, проволочник, клубеньковый долгоносик, люпиновый клубеньковый долгоносик. Поэтому особую роль в возделывании люпина занимает система защиты [159].

Однако при недостаточном поступлении осадков в Центрально-Черноземном регионе на черноземных почвах люпин белый способен поражаться лишь специфическими болезнями и вредителями или вообще не поражаться.

Результаты агрохимического мониторинга почв Черноземья свидетельствуют об избытке в содержании в них подвижных форм макроэлементов и недостатка микроэлементов [34; 60]. Низкая обеспеченность почв микроэлементами, снижает азотфиксацию и урожайность люпина, о чем свидетельствуют данные опытов [11; 86; 130; 141]. Одним из основных мероприятий в решении проблемы является обеспечение растений недостающими микроэлементами [6; 84; 150].

Наиболее рациональным способом улучшения минерального питания растений является обработка семян перед посевом и по зеленому листу растений микроудобрениями в смеси с химическими средствами защиты [30; 67; 117; 156].

Возделывание люпина является достаточно рентабельным. За счет выведенных новых адаптивных сортов способны наиболее полноценно использовать доступные почвенно-климатические условия, обеспечивающие высокие сборы высокопротеинового зерна без применения азотсодержащих минеральных удобрений [31; 35; 39; 100; 152; 169].

Непродуманные социально-экономические реформы в конце XX века в России привели к снижению плодородия почвы. Специалисты ВНИИ зернобобовых и крупяных культур считают, что выгодным приемом повышения плодородия почвы является посев бобовых культур, фиксирующих атмосферный азот, а предпочтения следует отдавать люпину [1; 24; 56; 72].

Таким образом, в России и Центрально-Черноземном регионе люпин имеет фундаментальное значение как один из важных резервов для улучшения плодородия почвы, увеличения производства белковых кормов для всех видов животных и может успешно составить конкуренцию сое в качестве стабильного источника безопасной, биологически полноценной продукции и средства для сохранения окружающей среды.

1.2. Культура люпина, его морфологические, биологические особенности

Род люпина *Lupinus L.* относится к семейству бобовых (*Fabaceae L.*) и имеет три однолетних культурных вида: желтый – *Lupinus luteus L.*, узколистный или синий – *Lupinus angustifolius L.* и белый – *Lupinus albus L.*, а также один многолетний вид – люпин многолистный – *Lupinus polyphyllus* [41].

Основным центром происхождения культурных видов люпина принято считать Средиземноморье, где был окультурен белый люпин около тысячелетия назад, о его окультуренности свидетельствуют крупные белые семена и нерастрескивающиеся бобы. Древнегреческий ботаник Теофраст отмечал, что, греки применяли местные виды люпина в качестве зеленого удобрения в оливковых рощах. Второй центр происхождения Южная Америка, где был введен в культуру коренными жителями Америки вид люпина изменчивого [13; 28; 166].

Долгое время сдерживающим фактором использования люпина на корм являлось содержание в зеленой массе и семенах алкалоидов более 1,2%, которые представлены: люпинином, люпанином, спартеином, люпинидом и другими [138]. Поэтому из-за высокого содержания алкалоидов, вызывающих у животных опасную болезнь люпиноз первые окультуренные виды в основном, использовались в качестве зеленого удобрения [134; 137; 172].

Переломный момент в селекции люпина произошел в 1926-1928 гг., когда немецким исследователем Р. Зенгбушем были выявлены естественные низкоалкалоидные мутанты. Это позволило снизить содержание алкалоидов в семенах всех трех видов – белого, желтого и синего с традиционных 1-3% до 0,02 % и менее [29]. С этого времени началась селекция низкоалкалоидных сортов кормового направления. Первые такие сорта появились в Германии, затем в Швеции, Дании и Польше. В нашей стране в 1930-е годы в результате работы селекционеров Новозыбковской и Минской опытных станций, а затем и ВИР удалось создать безалкалоидные с содержанием алкалоидов не более 0,025% и

малоалкалоидные не свыше 0,200% сорта люпина. Однако, первые полученные сорта плохо противостояли тли и грибковым болезням [29; 127; 157].

Согласно принятой классификации сортов люпина по содержанию алкалоидов в семенах делят на три группы: алкалоидные (горькие) – более 0,1%; малоалкалоидные – 0,025-0,1%; безалкалоидные (сладкие) – менее 0,025% [54; 80]. Горькие алкалоидные сорта в основном используются в качестве сидерата, малоалкалоидные и безалкалоидные относятся к кормовым и пригодны в качестве кормового сырья [12; 80]. При содержании в семенах 0,02% алкалоидов и менее такие сорта могут быть рекомендованы для употребления в пищу человеку, в кондитерской и пищевой промышленности [126; 140; 204]. В настоящее время в кормопроизводстве распространены сорта люпина, в семенах которых содержится 0,05-0,07% алкалоидов с хорошей переваримостью питательных веществ, которые не оказывают вредного действия на животных [17; 28; 36].

Накопление алкалоидов в семенах люпина зависит от местоположения их на растении. Как правило, в семенах главного стебля их всегда несколько больше, чем в семенах боковых побегов. По данным А. В. Мироненко (1965), у люпина белого эти значения составили 3,023 и 2,930%. Одна из основных причин различий – неодинаковая степень зрелости семян. Отмечены и значительные внутрисортные различия по содержанию алкалоидов. Процентное содержание его у люпина белого – от 0,001 до 3,5% [54].

Следует отметить, что процесс образования алкалоидов в люпине еще недостаточно изучен, и причины их накопления не вполне выяснены. Большинство исследователей считают, что этот процесс происходит в результате сложных биохимических превращений. В начале вегетации алкалоиды (подобно белкам) появляются в молодых листьях, стеблях, корнях. К началу цветения накопление их достигает максимума. Во время этой фазы вегетативные органы обедняются алкалоидами, и начинается реутилизация в семена, при созревании которых количество их тоже уменьшается. Таким образом, они находятся в растениях в очень подвижном состоянии, в том числе в течение суток. Содержание этих

веществ сильно меняется также от метеорологических условий. Например, повышение почвенной влажности снижает их концентрацию, а засуха увеличивает ее в 1,5-2 раза [72; 160].

Важно подчеркнуть, что люпин – высокобелковая зернобобовая культура. Его семена, в зависимости от сорта, содержат 30-45% белка, 11-12% клетчатки, 5-6% жира и 25,5-38,7% безазотистых экстрактивных веществ. Кроме того, люпин имеет значительное количество минеральных веществ, таких как кальций (4,12 мг) и калий (3,18 мг) [107].

Основная доля трудно усваиваемой клетчатки у люпина сосредоточена в оболочке его семян. Поэтому одно из современных направлений селекции люпина ориентировано на уменьшение толщины оболочки семян [188].

Люпин – однолетнее растение, корневая система стержневая, проникает в почву до 2 м, хорошо усваивает из почвы такие элементы как калий, фосфор и кальций, почти не нуждается в азоте благодаря хорошо развитому симбиозу. Люпин также может усваивать минеральные вещества из различных соединений, недоступных другим растениям (например, из фосфоритов) [13; 72; 118; 205].

Стебель люпина прямостоячий, ребристый, прочный, опушенный, высотой 1,0-1,5 м с боковыми побегами различных порядков, высотой у позднеспелых форм 100-200 см, скороспелых 60-80 см [172].

Листья люпина имеют сложную пальчатую структуру, на вершине черешка веером расположены от 5 до 11 листочков. Каждый стебель, как основной, так и боковые, завершается соцветием в виде кисти, различающейся по форме и размеру [43]. Цветки расположены мутовчато и имеют разнообразную окраску, чаще всего варьируясь от белого до голубовато-белого оттенка.

Бобы у белого люпина многосемянные, имеют кожистую структуру с небольшим опушением и перетяжку на створках. Сами семена кремовой окраски, сплюснуты и достаточно крупные, масса 1000 семян не менее 300 граммов. Во время прорастания семядоли выносятся из почвы. Средний период вегетации оставляет до 120 дней [40; 41; 43; 157].

У люпина отмечают 12 этапов органогенеза по Куперману Ф.М. и подробные макро- и микрофазы роста и развития растений (ВВСН) [72].

Из биологических особенностей следует отмечать, что люпин не требователен к теплу, особенно, в первой половине вегетации [43]. Для прорастания семян требуется температура не ниже 3-5°C, всходы выдерживают кратковременные заморозки до -6°C. Нормальный рост и развитие проходит при температуре 18-20°C. Особенно важно обеспечить растениям тепло в фазу формирования и созревания семян. В течение вегетационного периода растениям необходима сумма эффективных температур в диапазоне 2100-2300°C [21; 28]. В связи с этим в отличие от сои, люпин можно возделывать в более северных регионах [41; 99].

Расход воды на создание единицы сухой массы у люпина во время вегетации варьируется от 350 до 400 единиц и зависит от периода развития растений и условий влагообеспеченности. Влага является критическим фактором для роста люпина: потребление воды увеличивается с момента всходов и достигает пика на стадии сизых бобов [99; 166].

Важно отметить, что для прорастания семян люпину необходимо более 120% воды от их массы [43]. Многие авторы, такие как С. Л. Соболев (1957), И. Л. Барбацкий (1959), Г. В. Бадина (1974), Н. А. Майсурян и А. И. Атабекова (1974), отмечают, что в критические фазы развития растений люпина: прорастание и начало цветения, растения наиболее чувствительны к засушливым условиям, что может приводить к гибели, уменьшению урожая семян и ухудшению качества. Как недостаток, так и избыток влаги негативно сказываются на люпине, так как они могут привести к удлинению вегетационного периода растения и вызвать распространение заболеваний [89; 99; 104].

Люпин - светолюбивое растение. Недостаток освещения приводит к различным неблагоприятным процессам [22; 169]. На то, что культура люпин относится к светолюбивому растению, указывает способность к гелиотропизму, то есть поворачивать листья по направлению к солнцу. Поэтому следует учитывать

при размещении семенных посевов и подборе компонентов при возделывании его в смесях с другими растениями [28; 71; 72]. Все возделываемые виды люпина по отношению к продолжительности дня относятся к растениям длинного дня [28].

Известно, что по отношению к содержанию питательных веществ в почве люпины, отличаются большой нетребовательностью. Но, в то же время, для люпина важны физические свойства почвы, для проницаемости корней на большую глубину. Почвы с небольшим пахотным слоем, с плотной подпочвой, а также имеющие избыточное увлажнение не рекомендуются для возделывания [28; 157]. При том, что люпин неприхотлив к почвенным условиям возделывания для получения стабильных и высоких урожаев необходимо чтобы реакция почвенной среды было рН 4,5-6,0, содержание гумуса было не менее 1,5%, подвижного калия и фосфора – не менее 130 мг/кг [71; 87].

В отличие от других бобовых культур, люпин переносит некоторую кислотность почвы, однако, при переходе через нейтральную реакцию (рН = 7) даже к слабощелочной уже вредно для растений люпина. В связи с этим люпин неблагоприятно относится к присутствию в почве значительного количества извести, тогда как для других зернобобовых наличие в почве достаточного количества извести необходимо [157].

Следует учесть, что люпин нормально растет и дает более высокий урожай семян на бедных легких почвах. Под воздействием люпина песчаные почвы становятся структурными, а глинистые – проницаемыми [166].

Люпин обладает способностью удовлетворять свои потребности в азоте на более чем 70% за счет симбиотической фиксации азота из атмосферы. Д.Н. Прянишников метко назвал посев люпина «фабрикой белка» из-за его способности накапливать значительное количество белка. Процесс фиксации азота начинается примерно через 10-17 дней после появления полных всходов и достигает максимума в фазе бутонизации и цветения. При благоприятных условиях азотфиксация продолжается до полного созревания семян [42].

Для создания благоприятных условий азотфиксации необходимо оптимальное увлажнение и соответствующая реакция почвенной среды. Важными факторами также являются хорошая аэрация, средний уровень калия, фосфора, кальция, магния и молибдена, а также активных клубеньковых бактерий [111; 196].

Для наилучшего роста и развития белого люпина оптимальными предшественниками считаются озимые и яровые зерновые культуры. Отличные результаты также достигаются при его посеве после пропашных культур. Не следует люпин размещать после бобовых культур, чтобы избежать распространения болезней [42; 134; 144].

Сам люпин является отличным предшественником, при этом его положительное воздействие на почву сохраняется на протяжении нескольких лет. По своей эффективности зеленая масса сопоставима с навозом. Люпин может обеспечить до 60 тонн вегетативной массы. Использование его в качестве сидерата повышает урожайность озимых до 1,0 тонны с гектара [115; 116].

После уборки люпина на семена в почву поступает до 100 кг/га азота с растительными остатками, а при заделке как зеленое удобрение до 200 кг/га. В почву поступает биологический азот, который усваивается полностью [29; 72].

Таким образом с учетом морфологических и биологических особенностей культуры люпина белого, на окультуренных черноземных почвах в условиях Центрально-Черноземного региона необходимы среднеспелые сорта с длинного вегетационного периода до 115 дней и суммой эффективных температур 2000 °С, что способствует высокой урожайности семян без основного внесения удобрений, фунгицидной и инсектицидной защиты растений.

1.3. Роль сорта при возделывании люпина

При внедрении новых адаптивных технологий возделывания, сорт остается важным приемом повышения урожайности и качества. Сорт нельзя заменить другими агротехническими приемами, так как он отражает важные хозяйственные

характеристики: урожайность, продолжительность вегетации, устойчивость к отрицательным абиотическим факторам среды. Но, в сущности, только два комплексных показателя хозяйственной ценности сорта определяют его ценность: количественный – урожайность, и качественный – качество продукции. Они в «чистом» виде не проявляются, а сильно зависят от свойств сорта [33; 73; 85].

По сведениям А.В. Амелина (2014), сорт является одним из ключевых факторов, с помощью которого можно решить многие стоящие перед современным сельским хозяйством проблемы. Высокоурожайные пластичные сорта более полно используют плодородие почвы, существенно повышают эффективность использования удобрений и являются радикальными дешевыми приемами увеличения урожайности бобовых культур. Мировая практика и данные научно-исследовательских учреждений бывшего СССР свидетельствуют, что на долю посева новыми адаптивными сортами зерновых и зернобобовых культур приходится от 25 до 50% урожая. Установлено, что замена старых сортов на новые более урожайные позволит в целом по стране ежегодно получать дополнительно до 12 000 тон зерна [88; 147; 180; 194].

По зерновым бобовым и крупяным культурам рост урожайности за счет сорта в последние годы стал достаточно заметным и возрос по лучшим сортам у гороха с 1,20 до 4,55 т/га, кормовых бобов 0,95 до 4,43 т/га, гречихи 0,93 до 1,35 т/га. Вклад сорта в формирование урожайности в условиях Центрально-Черноземного региона составил у гороха 60%, гречихи 30%. Однако, не каждый сорт проявляет свои хозяйственные свойства в одних и тех же условиях возделывания, поэтому потенциальная урожайность у сортов не одинакова. Высокоурожайные сорта как правило выносят из почвы больше питательных веществ, расходуют больше воды и требуют более высоких технологий. Поэтому необходим системный подход подбора сортов. Особенно он важен в современном производстве при высоких ценах на удобрения и средства химизации. Очевидно, что экономически слабым и сильным предприятиям необходим неодинаковый сортовой состав культур [61; 147]. Цель современного интенсивного биологизированного сельского хозяйства

состоит в реализации всего генетического потенциала растений. Выявлено, что качественные показатели полевых культур удалось улучшить в большей мере в результате селекции, чем другими технологическими приемами [23 ;32; 194].

Однако многие ученые, такие как В.Р. Канайкин (1972), И.М. Молчан, Л.Г. Ильина и П.И. Кубарев (1996) сходятся на том, что в результате роста урожая у многих зерновых и зернобобовых культур сопровождается ухудшение потребительских качеств зерна и семян. Такое положение объясняется существенной корреляционной зависимостью между урожайностью и некоторыми показателями качества зерна сельскохозяйственных культур. Отмечены заметные различия между сортами по отзывчивости на удобрения, увлажнение, урожайность, качество продукции, устойчивости к вредителям, болезням и реакции на стрессовые факторы [45; 146, 188].

Поэтому необходимо возделывать по основным полевым культурам не один, а два и более современных сортов местного происхождения, которые лучше адаптированы к местным условиям [9].

Возделывание высокоурожайных сортов позволяет более полно использовать плодородие почвы, существенно увеличивать эффективность внесения удобрений, каждому сорту должна соответствовать своя технология. При ее разработке следует учитывать отзывчивость сорта на удобрения, так как до 50% прибавки урожая связано с минеральными удобрениями и требуют дифференцированного подхода так как одни сорта относятся к интенсивному типу, другие более пластичные и требуют умеренного агрофона. Сорта также отличаются по продолжительности вегетации, устойчивости к основным заболеваниям, поражаемости вредителями, что позволяет регулировать число и интенсивность химических обработок. Биологический потенциал сорта и его распространение, максимальная продуктивность, также определяется почвенно-климатическими условиями. Под потенциалом сорта понимается генетически обусловленную максимальную продуктивность в конкретных условиях. Необходимо также

учитывать пригодность для механизированной уборки и технологической подработки семян [194;195].

К сортам предъявляются строгие требования в отношении качества продукции. Они определяются морфологическими особенностями: крупностью семян, формой, окраской, выравненностью, а также их продовольственным и кормовым использованием. Важная задача современной селекции – выделение сортов по биохимическому составу семян, связана с повышением суммарного количества белка, улучшение аминокислотного состава и других показателей. А также создание безалкалоидных сортов, сохраняющих низкую алкалоидность при соблюдении всех требований семеноводства в течение не менее 6-8 поколений [54].

Для люпинов всех видов характерна большая зависимость урожая и качества от почвенно-климатических условий, поэтому необходимо для конкретных условий возделывания подбор наиболее подходящих видов и сортов, а также оптимальные элементы технологии [51; 65]. Для увеличения производства белка люпина необходимы сорта с уровнем урожайности семян 5 т/га и более с высоким содержанием белка, скороспелых, пластичных к условиям региона [40]. В целях ускорения темпов селекции люпина необходима селекция на оптимизацию вегетационного периода, комплексную устойчивость к заболеваниям, засухоустойчивость и улучшение качества продукции путем снижения доли оболочки, содержания клетчатки и алкалоидов в семенах, повышение содержания лизина и жира. Анализ генофонда белого люпина показал, что доля оболочки семян по сортам колеблется от 17 до 22%, у новых сортов Дега, Мичуринский, Алый парус, Пилигрим она в среднем составляет 19-20% [92; 189].

Наукой и практикой доказано, что сорт является наиболее эффективным и централизованным средством повышения уровня урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, и как следствие, рентабельности производства. Поэтому роль сорта возрастает при применении высоких технологий, когда все технологические приемы достигли практически максимума [62; 154].

Таким образом, в настоящее время производству необходимы новые сорта люпина с комплексом хозяйственно полезных свойств, адаптированных к конкретным условиям региона. Их применение позволит устранить все негативные последствия, обеспечить стабильный, гарантированный рост производства.

1.4. Оптимизация минерального питания в формировании продуктивности люпина белого

Среди химических средств, направленных на интенсификацию земледелия и повышение его продуктивности и эффективности, минеральные удобрения занимают ведущую роль. Они являются ключевыми как по масштабам применения, так и по достигнутым экономическим результатам. Минеральные удобрения значительно увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур за счет обеспечения растений необходимыми макро- и микроэлементами, способствуют улучшению структуры почвы, ускорению роста и развития растений, а также повышению их устойчивости к неблагоприятным условиям. Таким образом, минеральные удобрения играют критически важную роль в современном аграрном производстве [15].

В настоящее время агрохимическая наука располагает многочисленными фундаментальными разработками, внедрение которых создаст благоприятные условия образования высоких урожаев должного качества при сохранении и улучшении окружающей среды. К таким разработкам относятся недостаточно используемые в хозяйствах Российской Федерации рациональные системы удобрений. Поэтому, дальнейший рост производства растениеводческой продукции должен базироваться на научно обоснованном земледелии и рациональном применении удобрений, соответствующих конкретным природно-экономическим условиям области, района, отдельного хозяйства и поля [64; 77; 105;142; 170; 193].

Люпин – одна из бобовых культур способная произрастать в условиях низкого плодородия почв и слабо отзывчива на внесение минеральных удобрений [155]. Поэтому, для получения высоких урожаев необходима оптимизация не только макроэлементного питания, но и микроэлементного. Так, для активной азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий так же требуется создание оптимального увлажнения и воздушно-теплового режима. Условия, благоприятствующие росту растений, его активной фотосинтетической деятельности, также способствуют и развитию клубеньковых бактерий их азотфиксации [84; 135; 159].

Люпин фиксирует из атмосферы до 300 кг/га атмосферного азота и обеспечивает на 70-80% свою потребность в азоте [29, 163,199]. Симбиотическая азотфиксация у люпина начинается в среднем через 2-3 недели после всходов с началом образования клубеньков на корнях растений. Поэтому, сторонники «стартовых доз» азота N_{20-30} считают целесообразным применение его до посева или во время посева для активизации ростовых процессов растений, когда азотфиксация не началась или она незначительна. Однако многочисленные исследования ВНИИ люпина, ВНИПТИОУ, ВИУА, ТСХА, Яковлева А.И. (2003); Шик А.С., Халецкий В.Н., (2012) и многих других ученых и научных учреждений, проведенные в разных регионах показали, что люпин не нуждается в азотных удобрениях, в том числе и стартовых дозах [132; 155; 174;175]. При этом важное значение для люпина имеет соотношение в почве таких элементов питания, как калия, фосфора и микроэлементов [159].

Содержание обменного калия в почве является основным показателем обеспеченности растений этим элементом [181]. Он понижается с севера на юг России, что объясняется двумя причинами: 1) количество усвояемого калия в южных почвах больше, чем в северных, и 2) в южных районах меньше атмосферных осадков. В калийных удобрениях особенно нуждаются торфяные почвы, легкие по гранулометрическому составу. Значительную прибавку урожая

дают калийные удобрения на дерново-подзолистых почвах, поймах, красноземах, сероземах, серых лесных почвах и черноземах лесостепи [5].

Калий участвует во многих физиологических процессах в растении, таких как рост, транспорт веществ и поддержание тургора. Он активизирует работу многих ферментных систем: гексокиназы, пируваткиназы, ферментов [29]. Соли калия растворимы и участвуют в регуляции осмотического потенциала клетки. В частности, ион калия имеет большое значение в регуляции работы устьиц. Калий повышает засухоустойчивость растений, устойчивость к бактериальным и грибковым заболеваниям. Дефицит калия приводит к нарушению различных метаболических процессов, но может быть неявным. Видимые симптомы голодания калием появляются на поздних стадиях, при появлении хлороза и омертвлении тканей растений [87; 178].

Для люпина калий играет важную роль в функционировании, причина повышенной потребности калия у растений, страдающих от засухи, заключается в том, что калий необходим для поддержания фотосинтетической фиксации CO_2 . Когда запасы воды в почве ограничены, потери тургора и увядание являются типичными проявлениями дефицита калия. Меньшая чувствительность растений с достаточным содержанием калия к засухе связана с регулирующими механизмом, контролирующим водный режим высших растений. Важность калия для осмотического потенциала в вакуолях, поддерживать высокое содержание воды в тканях даже в условиях засухи. Более низкая чувствительность к стрессу засухи с точки зрения производства биомассы и урожайности также может быть результатом более высоких концентраций калия [176; 203].

Для люпина первостепенное значение имеет достаточное количество калия в питательной среде, тогда как уменьшение фосфора не влияет отрицательно на его рост и развитие [4]. Люпин – калийлюбивая культура, общее потребление в два раза выше, чем фосфора. В период цветения и бобообразования растения наиболее интенсивно потребляет калий. Ко времени созревания, как показывают исследования, около 80% этого важного элемента сосредотачивается в бобах [3;

42]. Недостаток калия для люпина отрицательно сказывается на ассимиляции молекулярного азота. В то же время, чем активнее азотфиксирующая деятельность клубеньковых бактерий, тем больше потребность люпина в калии, который поддерживает высокий уровень обменных процессов в растениях. Внесение калия под люпин предпочтительнее, чем внесение азотных и фосфорных удобрений, особенно на легких почвах [161]. Так как потребность в азоте он удовлетворяет в основном за счет азота воздуха, фиксируемого клубеньковыми бактериями, тогда как в фосфоре - за счет почвенных фосфатов [159].

Листовая подкормка растений люпина калийными удобрениями (KCl и K_2SO_4) имеют практическое значение. Концентрация раствора для опрыскивания, не должна превышать 1%. Поэтому за одну некорневую подкормку предельно допустимая норма внесения 3,0-3,5 кг/га K_2O [70].

Люпин хорошо отзывается на все формы калийных удобрений, но наибольший эффект оказывают сернокислый калий и калий магnezия [4; 57]. Все калийные удобрения растворимы в воде. Все они содержат в большом количестве натрия, хлор и серу, что существенно влияет на урожай [5].

В работе Наумкина В.Н. и др. (2014) внесение под предпосевную культивацию хлористого калия (K_{60}) под люпин белый сорта Мичуринский как отдельно, так и совместно с двойным суперфосфатом (P_{30}) с инокуляцией семян способствовало увеличению семенной продуктивности до 1,91 и 2,08 т/га.

Исследования Яговенко Г.Л. (2022), позволили установить, что применение метаборат калия и микроэлементов, используемые в различные фазы развития люпина белого, увеличивали урожайность в среднем на 37,5 и 35,4%. При этом повышалось качество получаемого зерна, а именно: увеличивалось содержание сырого протеина в среднем на 5,0-5,8% и 24,7-34,6%, снижалась общая алкалоидность семян [187].

Применение возрастающих доз калийных удобрений хлористого калия и суперфосфата простого в опытах Коренева В.Б. и Воробьева Л.А. (2016) в условиях радиоактивного загрязнения радионуклидом Cs^{137} снижало накопление его в 6,5

раза. Для получения нормативно «чистой» зеленой массы люпина оптимальные дозы калийных удобрений составляют 90-120 кг/га.

Достаточное обеспечение калием вызывает повышенные требования люпина к фосфору [161]. Люпин белый может усваивать фосфор из труднорастворимых соединений почвы. Они способствуют лучшему росту и развитию корневой системы и клубеньков [3; 119]. При недостатке фосфора ухудшается снабжение растений азотом, клубеньков мало или бактерии вообще не образуются [19]. В начальные фазы роста и развития растений белый люпин использует фосфор, содержащийся даже в семядолях. В дальнейшем потребность в фосфоре растения удовлетворяют за счет фосфатов почвы и минеральных удобрений, которые недоступны для других культур [153].

В исследованиях В.И. Матвеева (1970) установлено, что питательный режим почвы, созданный внесением удобрений, оказывается более мощным фактором в развитии корневой системы люпина, чем природные особенности генетических горизонтов почв. В засушливые годы наилучшие условия для поступления фосфора из удобрений в растение создавались при внесении всей или части дозы суперфосфата глубоко в почву, это действие проявляется с самого начала развития растений, пересыхание пахотного верхнего слоя снижало его эффективность [110]. Во влажные годы, вначале развития растений, наилучшее обеспечение фосфором из удобрений отмечалось при неглубоком внесении части или полной дозы суперфосфата.

Изучение действия различных форм фосфорно-калийных удобрений показало, что под люпин следует вносить умеренные дозы: 30-40 кг P_2O_5 и 60-90 кг K_2O , дальнейшее их увеличение нецелесообразно. На разные формы фосфорных удобрений люпин почти не реагирует, в равной степени используя фосфор из суперфосфата и фосфоритной муки [4].

Наряду с макроудобрениями для повышения урожайности и качества семян многих полевых культур большое значение имеют и микроудобрения: борные, молибденовые, цинковые и другие. При недостатке микроэлементов растения

заболевают, плохо развиваются и дают низкие урожаи. Применение микроудобрений обеспечивает значительное увеличение урожайности и качество растениеводческой продукции и ее питательной ценности [10; 59].

Как и в случае с другими зернобобовыми культурами, следует отметить, что люпин требователен к микроэлементам, особенно к молибдену [3; 42]. Молибден входит в состав ферментов, участвующих в образовании и превращении ряда азотсодержащих веществ в растении [165].

Н. Vortels в 1930 г. впервые установил роль азотобактера в процессе фиксации атмосферного азота. Им было обнаружено, что этот микроорганизм в чистых культурах развивается очень плохо и не усваивает атмосферного азота без молибдена, так как связывание азота клубеньковыми бактериями бобовых растений происходит при определенном количестве молибдена в почве. Выявлено, что молибден является незаменимым микроэлементом при фиксации азота бобовыми растениями в симбиозе с клубеньковыми бактериями [10; 114].

С.И. Матуашвили (1941) установил, что при добавлении к питательной среде 0,001%-го раствора молибдена аммония-натрия процесс фиксации атмосферного азота у азотобактера увеличился по сравнению с контролем на 600-700%. Кроме того, прибавка молибдена той же концентрации к азотогену улучшила жизненные условия у азотобактера и качество азотогена.

Данные Е.И. Hewitt показывают, что при недостатке молибдена в тканях растений нарушается нормальный азотный обмен и накапливается большое количество нитратов. Исследованиями Я.В. Пейве (1971) и Г.Я. Жизневской (1972) установлено, что активность ключевого фермента азотного обмена нитратредуктазы в листьях повышается под влиянием не только молибдена, но и меди [10].

Опытами А.Э. Шинка (1967) выявлено, что обработка семян люпина перед посевом молибденом и бором существенно повышало урожайность зеленой массы, семян и их качество. Положительное влияние молибдена на урожайность люпина объясняется благоприятным его влиянием на бактерии и растения, участием в

усвоении биологического азота. Молибден (Mo) и железо ($Fe^{2+}+Fe^{3+}$) входят в состав фермента гидрогеназы, и влияют на азотфиксацию культуры. Эффективность фиксации атмосферного азота объясняется тем, что молибден концентрируется в клубеньках, а не в корнях растений, при небольшом количестве в среде. Применение молибдена может сочетаться с обработкой семян люпиновым ризоторфином [182].

Многие растения испытывают потребность в боре (B) в течение всей вегетации культуры. Бор необходим растениям для развития меристемы. Его нельзя заменить другими микроэлементами.

Признаками недостатка бора являются отмирание конусов нарастания и побегов растений, нарушение образования и развития органов плодоношения, а также разрушение сосудистой ткани молодых растений. Установлено, что бор играет существенную роль в процессе оплодотворения, способствует улучшению прорастанию пыльцы, усиливает развитие репродуктивных органов и устраняет опадание завязей. При исключении его из питательной среды пыльца растений прорастает ненормально или вообще не формируется. Бор играет также необходимую роль в синтезе белков и является важным компонентом клеточной оболочки. Он способствует лучшему использованию кальция и калия растениями, даже при достаточном содержании в почве.

Значение бора имеет также и для развития клубеньков на корнях бобовых растений. При недостатке или отсутствии бора в питательной среде клубеньки развиваются слабо или совсем не образуются. Исследованиях W.E. Brenchley и H.G. Thornton (1925) была изучена анатомическая структура клубеньков кормовых бобов. При наличии или отсутствии бора ими установлено, что при недостатке бора клубеньки имеют ненормальное строение и объясняют это тем, что бактериальная ткань растений почти не завязывается и трахеиды не соединяются с сосудистой системой корня.

Также установлено, что цинк является одним из необходимых элементов в питании растений. При недостатке цинка у бобовых культур отмечено увядание

растений, опадания листьев и цветочных почек. Он обычно вызывает также задержку роста растений и уменьшение количества хлорофилла в листьях.

Многими другими учеными установлена связь между обеспеченностью растений цинком и содержанием в них ауксинов. Отсутствие активного ауксина вызывает цинковое голодание в стеблях и листьях растений.

Влияние цинка на рост растений также связано участием с его в азотном обмене. Недостаток цинка приводит к накоплению растворимых амидов и аминокислот, что нарушает синтез белка это приводит к снижению цинка в растении. Следует также отметить применение цинка увеличивает засухо-, жаро- и холодоустойчивость растений [10].

Установлено, что недостаток меди (Cu) часто совпадает с недостатком цинка в растениях. Применение высоких доз азота увеличивает потребность растений в меди и обостряет симптомы медной недостаточности. Это можно объяснить, что медь, как и цинк участвует в азотном обмене.

Значение меди в образовании белка было доказано Л.К. Островской, Г.М. Яковенко, Б.А. Геллером в опытах с листовой подкормкой растений солями, мечеными тяжелым азотом. Установлено, что при недостатке меди деятельность окислительных ферментов резко ослабляется. Значительное влияние меди на скорость окислительного-восстановительных реакций в организмах доказано также многими другими учеными [10]. Ими установлено, что недостаток меди у растений приводит к снижению активности синтетических процессов и ведет к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических соединений. Медь также играет значительную роль в процессе фотосинтеза, так как при ее недостатке происходит разрушение хлорофилла значительно быстрее, чем при оптимальном питании растений.

Также установлено, что особенностью меди является и то, что она повышает устойчивость растений против грибковых и бактериальных заболеваний растений.

Кобальт (Co) также необходим для симбиотической деятельности азотфиксирующего аппарата, так как он входит в состав витамина B₁₂, который

находится в клубеньках. Его поступление усиливается с повышением кислотности почвы [186].

В полевых и лабораторных опытах, проведенным О.К. Кедрова-Зихмана (1955), установлено, что кобальт влияет на синтез – сахаров и жиров в растениях.

Среднее содержание кобальта в растениях составляет 0,00002%, или от 0,02 до 11,6 мг на 1 кг сухой биомассы. Большое его количество содержится в клубеньках бобовых культур. Кобальт концентрируется также в генеративных органах, ускоряет прорастание пыльцы. Входит в состав витамина В₁₂. Он имеет переменную валентность, поэтому активно участвует в окислительно-восстановительных процессах [53]. Кобальт положительно влияет на содержание хлорофилла в листьях, интенсивность дыхания, содержание аскорбиновой кислоты в растениях, сахаров и жира, активность фермента гидрогеназы и нитратредуктазы в клубеньках бобовых культур. Он положительно влияет на образование клубеньковых бактерий и активизирует азотофиксацию систему [69]. Кобальт сокращает вегетационный период, способствует более раннему цветению, усиливает морозостойкость и жароустойчивость [83; 198]. Оптимальные концентрации микроэлементов повышает анатомическое строение растения. Недостаток кобальта – хлороз вызывает прежде всего нарушение биосинтеза белков, что является причиной снижения роста растений [186; 192].

Таким образом, макро- и микроэлементы оказывают большое влияние на рост и развитие растений, азотофиксирующую способность люпина. Оптимизация применения минеральных удобрений в адаптивном растениеводстве выступает одним из путей получения высокого урожая и качества семян. Главным фактором в этом отношении является создание оптимальных условий для нормального содержания и поступления элементов питания в наиболее доступной форме для растений. Исследования вопроса применения в виде листовой подкормки макро- и микроэлементов и их сочетаний на люпине белом слабо изучено, это нас побудило к изучению процессов формирования урожая и его качества, оптимизацией минерального питания в условиях региона.

Глава 2. ПОЧВЕННЫЕ, МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Краткая характеристика почвенно-климатических условий Центрально-Черноземного региона

Расположенная в центре Европейской территории России, на Среднерусской возвышенности, Белгородская область входит в состав Центрально-Черноземного региона Российской Федерации. Граничит с Харьковской и Сумской областями на юго-западе, с Курской на северо-западе, и с Воронежской на востоке. Ее общая площадь области составляет 2713,4 тыс. км², протяженность с юга на север – до 190 км, а с востока на запад – 270 км [87; 106].

Климат Центрально-Черноземного региона умеренно континентальный. Зимы холодные, с температурой в январе от -6 до -8°С. Лето теплое, с температурой в июле от +20 до +23°С. Вегетационный период с устойчивыми эффективными температурами воздуха наступает в конце апреля и составляет около 200 дней [50].

Годовое количество осадков Центрально-Черноземного региона колеблется от 250 до 450 мм, причем в зимние месяцы выпадает их больше. В летнее время часто наблюдаются засухи и суховеи слабой и средней интенсивности, гидротермический коэффициент от 0,9 до 1,2) [14].

Формирование почвенного покрова Центрально-Черноземного региона, в большей мере обуславливается хозяйственной деятельностью человека, а также климатическими, рельефными и растительными факторами [197].

Ветер преимущественно умеренный, с преобладанием западных и юго-западных направлений. Средняя годовая скорость ветра составляет 3,8-4,8 м/с. Грозы наблюдаются с апреля по сентябрь, в 91% случае – в мае-августе [81].

Полевой опыт по изучению приемов возделывания люпина белого проводился в почвенно-климатических условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона.

2.2 Метеорологические условия в годы проведения исследований

За период с 2019 по 2023 годы условия вегетационных периодов для люпина в общем подходили средним долгосрочным показателям. Они характеризовались периодами засухи, существенными колебаниями температуры воздуха и неравномерным распределением осадков. Эти условия позволили объективно оценить изучаемые приемы как в относительно благоприятных условиях для формирования урожая, так и стрессовых, а также установить взаимосвязи с взятыми на изучение агроприемами (Таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов 2019-2023 гг.

Годы	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Апрель-август
Среднемесячная температура воздуха, °С						
2019	10,0	16,8	22,5	19,6	19,8	17,7
2020	7,7	12,7	21,4	21,6	20,3	16,8
2021	7,9	15,1	20,1	23,9	23,0	18,0
2022	10,2	12,8	20,5	20,7	23,0	17,5
2023	9,6	14,6	18,3	20,8	22,3	17,1
Средне многолетняя	7,5	14,6	17,9	19,9	18,7	15,7
Сумма атмосферных осадков, мм						
2019	28,7	38,7	13,7	42,0	0,0	123,1
2020	9,5	71,3	24,4	56,5	21,0	182,7
2021	67,2	60,5	59,7	51,9	25,3	264,6
2022	69,6	22,2	60,8	40,4	114,8	307,8
2023	85,9	17,9	51,0	87,9	20,0	262,7
Средне многолетняя	41,0	48,0	63,0	69,0	56,0	277,0

Погодные условия 2019 года отличались от средне многолетних данных. В среднем температура за вегетацию составила 17,7°С, что выше средней многолетней на 2,0°С. Ранние и поздние периоды отличались повышенными положительными температурами. Самыми теплыми были конец апреля и мая 14,0 и 19,7°С, что выше на 4,0°С средних многолетних наблюдений. Фазы бутонизации, цветения и начало образования бобов, проходили в условиях повышенной

температурной активности 21,8-23,4⁰С с низким поступлением осадков от 0,7 до 12,0 мм в зависимости от декады, что ниже на 49,3 мм в среднем по многолетним данным. Июнь также сопровождался недостаточным увлажнением с суммой осадков 42,0 мм с последующей воздушной и почвенной засухой, но с более благоприятным для вегетации люпина белого тепловым режимом. За вегетации люпина белого выпало осадков 123,1 мм, что на 153,9 мм ниже нормы.

Учитывая данные о температуре воздуха и количестве атмосферных осадков, можно отметить, что в 2019 году наблюдалось повышенная температура с недостаточным количеством осадков, что негативно сказалось на росте и развитии белого люпина.

Погодные условия 2020 года имели значительные отклонения по температурному режиму и распределению осадков в течение всей вегетации люпина белого. Наименьшая температура 6,3 °С наблюдалась во второй декаде апреля, что меньше среднемноголетней на 1,2 °С, в третьей декаде она составила 10,2 °С и была на уровне среднемноголетней. Май в 2020 году был достаточно прохладный со средней температурой 12,7 °С, с проливными ливневыми дождями в конце месяца. Фаза цветения и образования бобов протекали в условиях с недостаточного увлажнения. Наиболее жарким был июнь и первая декада июля, температура составила в среднем 21,4 °С, что существенно выше среднемноголетней которая была равна лишь 17,9 °С.

Атмосферные осадки в течение вегетационного периода 2020 года распределились не равномерно. Так наибольшее количество атмосферных осадков выпало в конце мая и середине июля. В мае сумма атмосферных осадков составила 77,3 мм, из которых 44,1 мм выпало в третьей декаде месяца. В июле общее количество осадков составило 56,5 мм, из которых 53,1 мм выпало во второй декаде и 3,4 мм в третей. В критически важные фазы развития люпина белого, в июне выпало 24,4 мм, из которых 23,1 мм выпало в первой декаде месяца.

В целом, вегетационный период 2020 года был достаточно прохладным, с недостаточным выпадением осадков, особенно во второй период вегетации, что также не совсем благоприятно сказалось на продуктивности люпина белого.

2021 год отличался с затяжной дождливой весной температура воздуха за этот период составила 7,9 °С, что на 2,1 °С ниже средней многолетней. Осадки за третью декаду апреля составили 17,9 мм, что на 128 % выше нормы. Температура воздуха в мае в среднем по декадам сложилась 15,1 °С и приближалась к средним многолетним значениям 14,6 °С с избыточным увлажнением на 10,6 мм. В июне происходило постепенное нарастание температур. Погодные условия были контрастными, так в первой декаде погода была холодной и с частыми дождями, в двух других декадах преобладали повышение температуры с минимальным количеством выпавших осадков, особенно в третьей декаде. Температура июня составила 20,1 °С и была на 2,2 °С выше средней многолетней. Количество осадков за этот период выпало 59,7 мм, что 95% от нормы.

Июль 2021 года характеризовался жаркой погодой с ливневыми дождями и сильным ветром, средняя температура июля составляла 23,9 °С, что на 4,0 °С, выше многолетних значений. За месяц выпало 51,9 мм осадков или 75,2 % от нормы, что снизило урожайность посева, к фазе созревания бобов люпина белого уборка урожая осуществлялась при оптимальных погодных условиях.

2022 год характеризовался затяжным холодным маем. Остальные месяцы также имели значительные отклонения по температурному режиму и распределению осадков в течение всей вегетации люпина белого. Изменчивые погодные условия года оказали влияние на продуктивность люпина белого. Средняя температура воздуха за вегетацию составила 17,5 °С, что на 1,8 °С ниже среднемноголетнего значения. Низкие температуры были в мае – 12,8 °С, что сказывалось на более длительном росте и развитии растений. В целом летний вегетационный период имел повышенный температурный режим. Количество осадков за вегетацию составило 307,8 мм, что превышает среднемноголетнее значение на 30,8 мм. Но их выпадение было не равномерно в течение вегетации.

В 2023 году средняя температура за вегетацию составила 17,1 °С, что на 1,4 °С ниже среднемноголетнего значения. Количество осадков за вегетацию выпало 262,7 мм, что на 14,3 мм ниже среднемноголетнего значения, в совокупности оказывало негативное влияние на продуктивность люпина белого.

В целом, погодные условия в годы проведения исследований отражали особенности климата региона, обеспечили достаточно высокую продуктивность посева, а полученные результаты исследований позволяют рекомендовать их сельскохозяйственным предприятиям при возделывании люпина белого.

2.3. Программа и методика проведения исследований

Исследования проводились в 2019-2023 гг. в Белгородском государственном аграрном университете, а химический анализ семян – в лаборатории ВНИИ люпина филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса».

Почвенно-климатические условия территории в основном типичные для большинства районов Центрально-Черноземного региона. Территория проведения полевых и производственных опытов расположена в лесостепной зоне и представляет равнину со средней густотой овражно-балочной сети.

Тип почвы – чернозем типичный среднемощный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. По своим агрохимическим показателям почва в своем составе содержит: органических веществ (по Тюрину) 4,74 %; легкогидролизуемого азота 126,4 мг/кг; подвижного фосфора (по Чирикову) 127,5 мг/кг; подвижного калия (по Чирикову) 127,5 мг/кг; подвижной серы 2,27 мг/кг, железа 20,3 мг/кг; цинка 0,44 мг/кг; марганца 10,1 мг/кг; кобальта 0,39 мг/кг, молибдена 0,09 мг/кг.

Исследования включали проведение полевого и двух микрополевых опытов:

– опыт 1. Влияние макро- и микроудобрений на продуктивность растений люпина белого;

– опыт 2. Агробиологическая оценка сортов и сортообразцов люпина белого;

– опыт 3. Оценка основных агробиологических показателей сортов люпина белого для совершенствования региональной технологии возделывания.

Объектом исследований в первом опыте был сорт люпина белого Дега, включенный в Госреестр селекционных достижений РФ и рекомендованный для ЦЧР [49]. Предметом исследований были макро- и микроудобрения.

В опыте изучали влияние макро- и микроудобрений и их сочетаний при предпосевной обработке семян и листовой подкормки растений на продуктивность люпина белого сорта Дега (Таблица 2).

Таблица 2 – Схема полевого опыта 1.

Варианты опыта	Микрофазы внесения, ВВСН	Доза внесения
Контроль – без удобрений	–	–
ОС Аквамикс–Т – фон	00	300 г/т
ЛП Аквамикс–ТВ	51	150 г/га
ЛП K ₂ SO ₄	51	3 кг/га
ЛП KН ₂ PO ₄	51	3 кг/га
Фон + ЛП Аквамикс–ТВ	00+51	300 г/т + 150 г/га
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	00+51	300 г/т + 3 кг/га
Фон + ЛП KН ₂ PO ₄	00+51	300 г/т + 3 кг/га
ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	51	150 г/га + 3 кг/га
ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	51	150 г/га + 3 кг/га
Фон + ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	00+51	300 г/т + 150 г/га + 3 кг/га
Фон + ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	00+51	300 г/т + 150 г/га + 3 кг/га

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений.

Общая площадь делянки полевого опыта 24 м² (12Х2), учетная площадь – 20 м² (10Х2), в четырехкратной повторности размещенных систематически.

Семена перед посевом обрабатывались микроудобрением «Аквамикс-Т» (Zn (ЭДТА) – 2,8%; Cu (ЭДТА) – 2,8%; В – 3,4%; Мо – 16,9%; Со – 2,1%) в норме внесения 300 г/т. Внекорневую подкормку растений люпина белого проводили в фазу бутонизации макроудобрениями сернокислым калием (K₂SO₄) в норме внесения 3 кг/га и монофосфатом калия (KН₂PO₄) в норме внесения 3 кг/га, и

микроудобрением «Аквамикс-ТВ» (Zn (ЭДТА) – 2,25%; Cu (ЭДТА) – 2,25%; В – 7,65%; Мо – 7,8%; Со – 2,1%) в норме внесения 150 г/га.

Посев люпина белого проведен на глубину 3-4 см сеялкой СС–11 «Альфа» с нормой высева 1,3 млн. шт. всхожих семян на 1 га, рядовым способом с междурядьем 15 см. Закладку опытов, проводили по методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985). Агротехника, принятая для возделывания зерновых бобовых культур в Центрально-Черноземного региона. Предшествующая культура яровой ячмень.

Уборка урожая люпина белого с учетной площади проводили комбайном Сампо – 2010, сплошным методом.

Во втором микрополевым опыте определяли морфологические, биологические, хозяйственные и биохимические особенности сортов и селекционных образцов люпина белого (*Lupinus albus L.*), зернофуражного назначения, предоставленных ВНИИ люпина филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Изучали высокопродуктивные новые сорта люпина белого: Мичуринский, Пилигрим, Дега, Тимирязевский и новые сортообразцы: СН 1022–09, СН 1397–10, СН 77–17, СН 51–11, СН 76–16, СН 25–11, СН 8–12, СН 15–15, СН 39–15, СН 40–15, СН 78–16, СН 15–13, СН 17–14, СН 55–14, СН 71–16, СН 816–09, СН 12–13, СН 1735–10, СН 18–13, СН 54–08, СН 20–13, СН 35–13, СН 138–16, СН 10–16, Алый парус (ПР1–18), СН 2–17.

В третьем микрополевым опыте определяли продуктивность, адаптивность и биоэнергетическую эффективность сортов люпина белого: Мичуринский, Дега, Пилигрим, Тимирязевский.

Посев осуществляли при прогревании верхнего посевного слоя до 5-7°С тепла, вручную рядовым способом (15 см). Предшественник яровой ячмень. Площадь учетной делянки опыта составляла 1 м², размещенная систематически в шестикратной повторности.

Все сорта люпина белого, взятые на изучение включены в Госреестр селекционных достижений и разрешены для возделывания по 5 региону.

В ходе исследований осуществлены следующие наблюдения и учеты:

Линейный рост растений и накопление массы воздушно-сухого вещества определяли в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов [102];

Площадь листовой поверхности путем измерения параметров в соответствии с методикой научных учреждений Нечерноземной зоны (1961);

Фотосинтетический потенциал посевов и чистая продуктивность фотосинтеза оценивали по методике Кидда, Веста, Брига [123],

$$\text{ФП} = \frac{(L_1 + L_2) * T_1 + (L_2 + L_3) * T_2}{2},$$

где ФП – фотосинтетический потенциал посева, тыс. м²/га, сутки;

T – продолжительность периода, сутки;

L_(t) – изменения листового индекса во времени, тыс. м²/га.

Показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) определяли по фазам развития делением прироста фитомассы (B₁ – B₂) за промежуток времени (T) на среднюю площадь листьев ½ (L₁ + L₂).

Чистая продуктивность фотосинтеза рассчитывается по формуле [123]:

$$\text{ЧПФ} = \frac{2(B_2 - B_1)}{(L_1 + L_2)T},$$

где: B₁ – масса сухого вещества урожая в предыдущую фазу;

B₂ – масса сухого вещества урожая в последующую фазу;

L₁ – площадь листьев в предыдущую фазу;

L₂ – площадь листьев в последующую фазу.

Учет числа и массы клубеньков проводили в соответствии с методикой, разработанной Г.С. Посыпановым [133].

Учет урожайности проводили путем обмолота и взвешивания семян люпина со всей делянки и ее пересчета на 100% чистоту и 14% влажность.

Структура урожая определяли согласно методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [101].

Биохимический анализ семян выполнен в аналитической лаборатории ВНИИ люпина филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» по общепринятым методикам. Содержание белка в семенах определялось по ГОСТу 13496.4–93 [47].

Расчет экологической пластичности люпина проводили согласно методики S.A. Eberhart и W.A. Russell в интерпретации В.З. Пакудина (1984).

Потенциальную продуктивность и адаптивность сортов и сортообразцов определяли по методике Л.А. Животковой, З.А. Морозовой и др. (1994).

Стрессоустойчивость и компенсаторную способность определяли по методике A.A. Rossielle и J. Hemblin (1981) в изложении А.А. Гончаренко (2005).

Экономическую эффективность рассчитывали с использованием нормативов и расценок, сложившихся в среднем за годы исследований.

Биоэнергетическую оценку проводили по методике В.В. Коринец, А.Ф. Козловцев, В.Н. Козенко (1985).

Математическая обработка данных осуществлялась при помощи методов дисперсионного анализа [55] с использованием пакета прикладных программ для статистической обработки данных.

Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Разработка адаптивных технологий возделывания полевых культур является агротехнологической, экологической и экономической основой роста урожайности и качества их устойчивости по годам, которая определяется уровнем минерального питания [90; 145].

В современных технологиях производства нет единого подхода к системе минерального питания сельскохозяйственных культур. В отдельных регионах страны система удобрений ограничивается финансовой обеспеченностью сельскохозяйственных предприятий и сводится к применению макроэлементных удобрений в дозах, не обеспечивающих реализацию потенциала возделываемых новых сортов и гибридов полевых культур. В регионах с высокоразвитым сельскохозяйственным производством аграрии, на фоне применения высоких доз NPK для обеспечения стабильности урожайности и качества получаемой продукции активно используют и микроэлементные удобрения [177].

Для достижения высоких урожаев семян зернобобовых культур и люпина белого также необходимо обеспечить благоприятные условия минерального питания макро- и микроэлементами. Поэтому для оптимизации минерального питания люпина белого в различные фазы роста и развития растений используют минеральные макро- и микроудобрения, которые имеют большое значение в формировании высокопродуктивных посевов. Однако, отзывчивость люпина белого на макро- и микроудобрения, способы их применения, влияние на рост и развитие растений, формирование урожайности и качество семян недостаточно изучены.

3.1. Полевая всхожесть, выживаемость и продолжительность вегетации

Полевая всхожесть является одним из основных, наиболее важных показателей возделывания сельскохозяйственных культур. Она всегда ниже лабораторной и зависит от влажности верхнего слоя почвы, посевных качеств посевного материала, глубины посева, запаса доступных питательных веществ и других факторов, необходимых растениям [168; 202].

В наших полевых опытах за годы исследований взятые на изучение варианты применение минеральных макро- и микроудобрений обеспечивали оптимальную полевую всхожесть семян, которая находилась на уровне 76,8-88,6%. Высокая всхожесть семян отмечена при применении предпосевной обработки их микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т», как отдельно, так и в сочетании с другими минеральными удобрениями, которая составила 86,4-88,6%, на вариантах без его применения она находилась на уровне 76,8-79,3% (Таблица 3). Несмотря на различия в метеорологических условиях по годам исследований, нами установлена отзывчивость культуры люпина белого на микроэлементы в хелатной форме в начале своего развития.

К моменту уборки люпина белого на семена, тенденция в выживаемости растений изменилась. Самая высокая сохранность растений к уборке отмечена в среднем за три года при совместном применении предпосевной обработки семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» и макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) у которых выживаемость растений составила 86,3 и 86,2%, тогда как на контроле лишь 74,4% (Таблица 3).

Листовые обработки минеральными макро- и микроудобрениями, также повышали сохранность растений к уборке, применение «Аквамикс-ТВ» обеспечило их выживаемость 79,5%, сернокислый калий (K_2SO_4) – 81,2% и монофосфат калия (KH_2PO_4) – 80,2%. Остальные варианты опыта, также имели

высокую выживаемость растений 81,3; 82,0 и 81,9% и при этом обеспечивали достаточно высокие показатели густоты стояния растений люпина белого.

Следует отметить, что применение макро- и микроудобрений оказывало положительное влияние на полевую всхожесть в начале вегетации и выживаемость растений люпина белого к концу уборки. Комплексное применение обработки семян с листовой подкормкой растений, а также одна листовая подкормка обеспечивали высокую их выживаемость в течение всей вегетации люпина белого.

Одной из важных характеристик культуры кормового люпина является продолжительность вегетационного периода и наступления фенологических фаз развития растений, так как генетические особенности, почвенно-климатические условия и уровень агротехники существенно влияют на продолжительность вегетационного периода культуры [25].

В наших полевых опытах общая продолжительность вегетационного периода люпина белого определялась темпами и сроками прохождения фаз развития растений. Наступление основных фаз развития и вегетационного периода растений люпина белого зависело от температуры окружающей среды и наличия влаги, действия изучаемых минеральных макро- и микроудобрений.

В течение всех трех лет исследований в складывающихся погодных условиях люпин белый имел ускоренное развитие растений. Оптимальная температура воздуха и доступная влага были главными факторами, определяющими прохождения фенологических фаз растений белого люпина. Повышенная температура и недостаток влаги способствовали сокращению продолжительности вегетационного периода люпина (Таблица 4).

В среднем за 3 года исследований продолжительность периода всходы – созревание люпина белого составило 89-92 суток.

Таблица 3 – Полевая всхожесть и выживаемость растений люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, %

Вариант опыта	Полевая всхожесть				Выживаемость			
	годы			среднее	годы			среднее
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Контроль – без удобрений	79,8	77,5	79,5	78,9	74,4	73,1	75,7	74,4
ОС Аквамикс-Т – фон	87,6	85,2	87,1	86,6	76,7	75,9	79,7	77,4
ЛП Аквамикс-ТВ	77,6	76,4	77,4	77,1	77,7	78,5	82,2	79,5
ЛП K ₂ SO ₄	78,5	78,3	79,5	78,8	81,5	79,9	82,3	81,2
ЛП KН ₂ PO ₄	76,6	76,0	77,9	76,8	79,0	79,4	82,2	80,2
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	87,2	85,4	86,6	86,4	77,8	81,5	84,6	81,3
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	89,8	86,5	89,4	88,6	80,4	81,8	83,7	82,0
Фон + ЛП KН ₂ PO ₄	88,7	85,4	86,9	87,0	79,2	82,6	84,0	81,9
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	79,9	78,5	79,4	79,3	82,1	83,9	85,4	83,8
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	80,8	77,7	78,2	78,9	82,4	82,3	82,7	82,5
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	89,8	87,3	88,7	88,6	84,5	86,7	87,8	86,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	87,1	86,3	90,0	87,8	86,2	85,9	86,5	86,2

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Таблица 4 – Продолжительность вегетационного периода развития растений люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, %

Вариант опыта	Всходы – созревание				Посев – созревание			
	годы			среднее	годы			среднее
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Контроль – без удобрений	90	90	95	92	104	105	109	106
ОС Аквамикс-Т – фон	90	90	96	92	104	105	110	106
ЛП Аквамикс-ТВ	88	89	94	90	102	104	108	105
ЛП K ₂ SO ₄	87	89	94	90	101	104	108	104
ЛП KН ₂ PO ₄	86	88	93	89	100	103	107	103
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	89	90	94	91	103	105	108	105
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	89	90	94	91	103	105	108	105
Фон + ЛП KН ₂ PO ₄	87	89	93	90	101	104	107	104
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	87	88	94	90	101	103	108	104
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	86	88	92	89	100	103	106	103
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	89	89	93	90	103	104	107	105
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	87	89	92	89	101	104	106	104

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

За годы исследований продолжительность периода посев-созревание люпина белого колебалась в среднем от 103 до 106 суток. Применение листовых подкормок макро- и микроудобрениями, а также их сочетаний приводило к ускоренному развитию вегетации люпина на 1-3 суток по сравнению с контролем. Совместное применение макро- и микроудобрений при обработке семян и листовой подкормки растений также способствовало уменьшению продолжительности вегетации растений на 1-2 суток.

Таким образом, проведенные исследования применения макро- и микроудобрений при обработке семян и внекорневой обработки растений люпина белого является необходимым, высокоэффективным технологическим приемом при его возделывании.

3.2. Особенности формирования линейного роста и биомассы растений люпина белого

Для полной оценки действия минеральных удобрений на люпин в течение вегетации определяли высоту и биологическую массу растений.

Проведенные исследования выявили, что в засушливых условиях линейный рост люпина варьировал в зависимости от применения различных комбинаций минеральных макро- и микроудобрений. Наибольшие различия в росте растений люпина белого наблюдались в фазы цветения и образования бобов.

В начальные фазы развития линейный рост растений люпина белого на вариантах с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» варьировал: в фазу нарастания листьев от 16,2 до 16,8 см, в фазу ветвления от 29,1 до 30,0 см, и в фазу бутонизации от 38,5 до 39,3 см. Тогда как на вариантах без предпосевной обработки семян высота растений люпина была существенно ниже на 2-3 см (Таблица 5).

Исследованиями установлено, что при применении макро- и микроудобрений в фазу образования бобов высота растений на варианте с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» составила 49,9 см, обработкой

семян «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений «Аквамикс-ТВ» – 52,7 см, и повышалась с листовой подкормкой K_2SO_4 – 53,0 см, листовой подкормкой KH_2PO_4 – 53,5 см, предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» и K_2SO_4 – 54,1 см, с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» и KH_2PO_4 – 54,3 см, что достоверно выше контрольного варианта соответственно на 4,1; 6,9; 7,2; 7,7; 8,3 и 8,5 см.

Таблица 5 – Высота растений люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, см (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Фазы вегетации растений				
	нараста- ние ли- стьев	ветвле- ние	буто- низа- ция	цвете- ние	образо- вание бобов
Контроль – без удобрений	14,1	27,2	35,8	41,1	45,8
ОС Аквамикс-Т - фон	16,2	29,5	39,2	45,1	49,9
ЛП Аквамикс-ТВ	13,6	26,8	35,5	45,7	51,1
ЛП K_2SO_4	14,0	27,1	35,8	46,0	52,0
ЛП KH_2PO_4	14,1	27,4	35,7	45,4	51,4
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	16,2	29,6	38,5	46,5	52,7
Фон + ЛП K_2SO_4	16,2	29,1	39,0	47,2	53,0
Фон + ЛП KH_2PO_4	16,6	29,9	39,3	47,0	53,5
ЛП Аквамикс-ТВ + K_2SO_4	14,0	27,7	36,1	47,1	53,4
ЛП Аквамикс-ТВ + KH_2PO_4	14,2	27,5	35,7	46,6	53,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	16,5	30,0	39,2	48,0	54,1
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	16,8	29,9	38,9	47,9	54,3
НСР ₀₅ : 2019 год	1,2	1,6	1,8	1,9	2,3
2020 год	0,9	1,1	1,0	1,7	2,1
2021 год	0,4	0,6	1,1	1,8	2,5

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Важно отметить, что при применении только листовых подкормок и их сочетаний высота растений была также высокой и в фазе образования бобов составила при листовых подкормках микроудобрение «Аквамикс-ТВ» – 51,1 см; макроудобрением K_2SO_4 – 52,0 см и KH_2PO_4 – 51,4 см; листовых подкормках

«Аквамикс-ТВ» с K_2SO_4 – 53,4 см и с KH_2PO_4 – 53,3 см, что достоверно на 5,3; 6,2; 5,6; 7,6 и 7,5 см выше контроля.

Таким образом, использование минеральных макро- и микроудобрений при обработке семян перед посевом и подкормки через лист повышало высоту растений люпина белого в значительной степени, как при отдельном применении, так и в различных комбинациях. Предпосевная обработка семян микроудобрением «Аквамикс-Т» также оказывала положительное влияние на высоту растений люпина, было ниже других вариантов опыта, но существенно выше контроля.

Одним из важных показателей в оценке эффективности агротехнических приемов использования минеральных удобрений также являются межфазные приросты высоты растений. Выявлено, что в ранние стадии развития рост растений люпина был наиболее интенсивным, особенно в период нарастания листьев и ветвления, когда различия составляли от 13,1 до 13,7 см. Аналогичные закономерности линейных приростов отмечены и в период ветвления-бутонизации растений люпина.

Более существенные различия по приросту высоты растений были получены в фазу бутонизации-цветения люпина белого. Самый интенсивный рост наблюдался в вариантах, где были применены листовые подкормки микроудобрением «Аквамикс-ТВ», макроудобрениями K_2SO_4 и KH_2PO_4 , а также их комбинации. Высота на этих вариантах составляла 9,6-10,2 см и 10,9-11,0 см соответственно, что превышает показатели контрольной группы и обработки семян перед посевом на 4,3-4,9 и 5,6-5,7 см (Таблица 6).

В период цветения и образования бобов растения люпина белого демонстрировали незначительные различия в межфазных линейных приростах высоты. Диапазон приростов составлял от 4,8 до 6,7 см в различных вариантах опыта, что превышало контроль всего лишь на 0,1-2,0 см.

Таким образом наибольшие различия на приросты высоты растений оказывали минеральные макро- и микроудобрения удобрения в межфазный период бутонизации-цветения. Листовые подкормки растений микроудобрениями

«Аквамикс-ТВ», макроудобрениями K_2SO_4 и KH_2PO_4 , а также их комбинации обеспечили максимальный линейный прирост в размерах от 9,6 до 11,0 см. На варианте с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» в этот же период отмечен минимальный прирост высоты растений 5,9 см, а в сочетании с листовыми подкормками повышалась до 7,7-8,9 см.

Таблица 6 – Межфазные приросты высоты растений люпина белого в зависимости от применения минеральных макро- и микроудобрений, см (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Межфазные периоды			
	нарастание листьев – ветвление	ветвление – бутони- зация	бутони- зация – цветение	цветение– образова- ние бобов
Контроль – без удобрений	13,1	8,6	5,3	4,7
ОС Аквамикс-Т – фон	13,3	9,7	5,9	4,8
ЛП Аквамикс-ТВ	13,2	8,7	10,2	5,4
ЛП K_2SO_4	13,1	8,7	10,1	6,1
ЛП KH_2PO_4	13,3	8,4	9,6	6,0
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	13,4	8,8	8,1	6,2
Фон + ЛП K_2SO_4	13,4	9,4	8,2	5,8
Фон + ЛП KH_2PO_4	13,3	9,5	7,7	6,5
ЛП Аквамикс-ТВ + K_2SO_4	13,7	8,4	11,0	6,3
ЛП Аквамикс-ТВ + KH_2PO_4	13,3	8,2	10,9	6,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	13,4	9,2	8,8	6,1
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	13,2	9,0	8,9	6,4

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

В характерных засушливых условиях вегетации приросты сухого вещества люпина в процессе его вегетации проходили довольно неравномерно. Наибольшее количество воздушно-сухого вещества было получено в фазы цветения и образования бобов на вариантах с листовыми подкормками макро- и микроудобрениями, а также с комплексным применением предпосевной обработки семян микроудобрением и листовых подкормок макроудобрениями. На этих вариантах наибольшая масса воздушно-сухого вещества получена при обработке семян микроудобрением «Аквамикс-Т» в сочетании с листовыми подкормками

микроудобрением «Аквамикс-ТВ» с макроудобрением K_2SO_4 или KH_2PO_4 составило в фазу цветения 14,9 и 15,0 г, в фазу образования бобов 26,0 и 25,8 г соответственно, что на 3,4 и 3,5 г в фазу цветения и 4,5 и 4,3 г образования бобов достоверно выше, чем у контроля (Таблица 7).

Таблица 7 – Масса воздушно-сухого вещества растений люпина белого в зависимости от применения макро- и микроудобрений, г (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Фазы развития растений				
	нарастание листьев	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов
Контроль – без удобрений	1,4	2,6	7,3	11,5	21,5
ОС Аквамикс-Т – фон	2,4	3,8	9,2	12,5	22,3
ЛП Аквамикс-ТВ	1,3	2,6	7,2	12,8	22,7
ЛП K_2SO_4	1,3	2,6	7,4	12,9	23,2
ЛП KH_2PO_4	1,3	2,6	7,1	13,0	23,6
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	2,3	3,8	9,4	13,4	23,4
Фон + ЛП K_2SO_4	2,5	4,0	9,3	13,7	24,4
Фон + ЛП KH_2PO_4	2,4	3,8	9,4	13,7	24,5
ЛП Аквамикс-ТВ + K_2SO_4	1,3	2,7	7,1	14,3	25,0
ЛП Аквамикс-ТВ + KH_2PO_4	1,4	2,5	7,2	14,5	24,8
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	2,4	3,9	9,2	14,9	26,0
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	2,4	3,8	9,2	15,0	25,8
НСР ₀₅ : 2019 год	0,5	0,4	1,5	1,3	1,6
2020 год	0,8	1,0	1,2	1,7	1,8
2021 год	0,6	0,9	1,1	1,4	2,0

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

За аналогичные периоды вегетации интенсивное накопление воздушно-сухого вещества растений было получено и с листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ» с макроудобрением K_2SO_4 – 14,3 и 25,0 г или 2,8 и 3,5 г выше контроля и микроудобрением «Аквамикс-ТВ» с макроудобрением KH_2PO_4 – 14,5 и 24,8 г или 3,0 и 3,3 г выше контроля.

На других вариантах опыта с применением обработки семян микроудобрения «Аквамикс-Т» и листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ», а

также макроудобрений K_2SO_4 и KH_2PO_4 , отмечались незначительные отклонения по массе воздушно-сухого вещества растений, которые находились в пределах погрешности опыта.

Таким образом при применении различных форм и способов внесения минеральных макро- и микроудобрений наиболее достоверное увеличение воздушно сухого вещества получено в фазу цветения и образования бобов на вариантах с листовыми подкормками, а также комплексном применении предпосевной обработки семян с листовыми подкормками растений.

Также установлено, что в начальные фазы развития люпина приросты воздушно-сухого вещества у растений, как и их масса, незначительно отличались от контроля. Высокий прирост сухого вещества был получен в период бутонизации-цветения на вариантах с листовыми подкормками и предпосевной обработкой семян в комплексе с листовыми подкормками макро- и микроудобрениями. Высокие приросты воздушно сухого вещества получены с листовыми подкормками макро- и микроудобрениями на вариантах «Аквамикс-ТВ» с листовой подкормкой K_2SO_4 – 7,2 г и «Аквамикс-ТВ» с листовой подкормкой KH_2PO_4 – 7,4 г или на 3,0 и 3,2 г выше, чем на вариантах без удобрений. Меньшие приросты отмечены на вариантах при применении «Аквамикс-ТВ» – 5,6 г, K_2SO_4 – 5,5 г, KH_2PO_4 – 5,9 г, а также обработки семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» совместно с K_2SO_4 – 5,7 г и «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» в сочетании KH_2PO_4 – 5,8 г, что лишь на 1,4; 1,3; 1,7; 1,5 и 1,6 г выше контроля (Таблица 8).

Установлено, что в межфазный период цветения и образования бобов у люпина белого наблюдался наиболее значимый прирост сухого вещества на вариантах с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» в сочетании с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» и сернокислым калием (K_2SO_4) он составил 11,1 г, что выше контроль на 1,1 г. На остальных вариантах опыта приросты биомассы массы растений люпина также были высокими, но имели незначительные различия между вариантами опыта.

Таблица 8 – Динамика приростов массы воздушно-сухого вещества растений люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, г (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Межфазные периоды			
	нараста- ние ли- стьев – ветвление	ветвление – бутониза- ция	бутониза- ция – цве- тение	цветение –образо- вание бобов
Контроль – без удобрений	1,2	4,7	4,2	10,0
ОС Аквамикс-Т – фон	1,4	5,5	3,3	9,8
ЛП Аквамикс-ТВ	1,3	4,6	5,6	10,0
ЛП K ₂ SO ₄	1,3	4,9	5,5	10,3
ЛП KН ₂ PO ₄	1,3	4,5	5,9	10,6
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	1,5	5,6	4,0	10,0
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	1,4	5,4	4,3	10,7
Фон + ЛП KН ₂ PO ₄	1,4	5,6	4,3	10,8
ЛП Аквамикс-ТВ + K ₂ SO ₄	1,3	4,4	7,2	10,6
ЛП Аквамикс-ТВ + KН ₂ PO ₄	1,1	4,6	7,4	10,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	1,5	5,3	5,7	11,1
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	1,4	5,4	5,8	10,7

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Наибольшие различия в приростах массы воздушно-сухого вещества растений люпина белого были получены в межфазный период бутонизация-цветение при внекорневой подкормке растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с листовыми подкормками макроудобрениями K₂SO₄ или KН₂PO₄ – 7,2 и 7,4 г соответственно. В межфазный период цветение-образование бобов приросты массы растений люпина белого по всем вариантам опыта были самыми высокими 9,8-11,1 г, а различия по вариантам сглаживались.

3.3. Особенности формирования фотосинтетического аппарата растений люпина белого

Биологическая продуктивность и рост растения тесно связаны с его фотосинтетической деятельностью. Этот процесс приводит к образованию до 95% органических соединений, что является ключевым фактором в их развитии.

Формирование фотосинтетической системы листа и сам процесс фотосинтеза играют важную роль в этом процессе, поскольку они стимулируют начало увеличения сухой биомассы и обеспечивают рост и развитие растения. Листовая поверхность выступает центром формирования первичных продуктов фотосинтеза, их метаболизма и транспортировки в органы запаса [121].

Исследования А.А. Ничипоровича (1961) подтверждают, что продуктивность растений связана с процессами фотосинтеза. Поэтому необходимо, чтобы посевы имели оптимальную структуру, способствующую максимальному газообмену и эффективному поглощению солнечной энергии [191].

Согласно мнению А.А. Ничипоровича (1961), для создания высокопродуктивных идиотипов необходимо учитывать не только отдельные растения, но и агроценоз как единую фотосинтетическую систему. Поддержание генетически обусловленного уровня фотосинтетической активности сортов требует научно обоснованной системы агротехнических методов, направленной на повышение фотосинтетической продуктивности ассимиляционной поверхности ценоза [20]. Поэтому важно сосредоточить внимание не только на изучении активности фотосинтетического аппарата, который влияет на производительность растений, но также на поиске способов его активации. Одним из таких способов, может быть, оптимизация минерального питания для полевых культур.

Одной из задач наших исследований было достижение высокой продуктивности белого люпина путем создания оптимального посева, способствующего максимальному раскрытию потенциальной фотосинтетической активности растения в сельскохозяйственной среде при различных погодных условиях.

Результаты исследований показали, что площадь листовой поверхности люпина белого варьировала по годам исследований. Разные погодные условия исследований, влияния минеральных макро- и микроудобрений, обуславливала формирование разного по величине ассимиляционного аппарата растений.

Наибольшая площадь листовой поверхности во все фазы развития растений была получена в 2021 году, который отличался лучшей влагообеспеченностью 264,6 мм, в течение всей вегетации люпина белого. Так средняя площадь листовой поверхности по опыту в фазу образование бобов составила 27,3 тыс. м²/га, что на 1,3 и 3,0 тыс. м²/га соответственно выше, чем в 2019 и 2020 годы.

В среднем за годы исследований увеличение площади листьев растений зависели от фазы развития и определялись применением минеральных макро- и микроудобрений. В наших исследованиях контрольный вариант без удобрений характеризовался наименьшей площадью листьев в течение всей вегетации растений, так в фазу нарастание листьев они имели площадь 2,5 тыс. м²/га, в фазу ветвления 8,5 тыс. м²/га, в фазу бутонизация 13,5 тыс. м²/га, а в фазу цветения составила 15,3 тыс. м²/га и образования бобов – 22,1 тыс. м²/га (Таблица 9).

На начальных этапах развития растений люпина в годы исследований значительное действие оказало применение предпосевной обработки семян микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т». Так в фазу нарастание листьев и ветвление на вариантах с предпосевной обработкой семян площадь листьев составила 3,6-3,8 тыс. и 10,5-10,8 тыс. м²/га, тогда как на других вариантах и контроле она варьировала в пределах 2,4-2,6 тыс. и 8,5-9,2 тыс. м²/га, что на 1,0-1,4 тыс. и 2,0-2,3 тыс. м²/га ниже.

Листовая подкормка растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ», сернокислым калием (K₂SO₄) и монофосфатом калия (KH₂PO₄) оказывала положительное воздействие на формирование листовой поверхности растений в более поздние фазы цветения 17,3 тыс.; 17,9 тыс.; 18,6 тыс. м²/га и образования бобов 24,0; 24,9; 25,3 тыс. м²/га соответственно, что на 2,0; 2,6; 3,3 тыс. м²/га выше контроля в фазу цветения и на 1,9; 2,8; 3,2 тыс. м²/га в фазу образования бобов люпина белого.

Сочетание предпосевной обработки семян микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ», предпосевной обработки семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками микроудобрением сернокислым

калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) имели большую площадь, так в фазе образования бобов она составила 26,4; 26,9 и 26,9 тыс. $m^2/га$ соответственно, что на 4,3 и 4,8 тыс. $m^2/га$ выше контроля.

Таблица 9 – Площадь листовой поверхности растений люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, тыс. $m^2/га$ (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Фазы развития растений				
	нараста- ние ли- стьев	ветвле- ние	буто- низа- ция	цве- тение	образо- вание бобов
Контроль – без удобрений	2,5	8,5	13,5	15,3	22,1
ОС Аквамикс-Т – фон	3,7	10,5	15,0	16,5	22,9
ЛП Аквамикс-ТВ	2,5	9,0	13,2	17,3	24,0
ЛП K_2SO_4	2,6	9,0	13,6	17,9	24,9
ЛП KH_2PO_4	2,5	8,9	13,7	18,6	25,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	3,6	10,6	15,1	19,4	26,4
Фон + ЛП K_2SO_4	3,8	10,6	14,9	20,0	26,9
Фон + ЛП KH_2PO_4	3,7	10,5	14,9	19,8	26,9
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	2,5	9,2	13,4	20,7	27,1
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	2,4	9,0	13,2	20,6	27,0
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	3,7	10,7	14,9	20,9	28,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	3,7	10,8	15,1	20,9	28,3

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Применения различных сочетаний листовых подкормок микроудобрений с макроудобрениями показало, что листовая подкормка «Аквамикс-ТВ» в комбинации с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) приводила к заметному увеличению площади листовой поверхности люпина в фазу цветения 20,7 и 20,6 тыс. $m^2/га$ и образования бобов 27,1 и 27,0 тыс. $m^2/га$, больше контроля на 35,3 и 22,2%.

Наибольшую площадь листовой поверхности во все фазы развития обеспечило применение предпосевной обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или

монофосфатом калия (KH_2PO_4). Их площадь листовой поверхности составила в фазу нарастание листьев 3,7 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, что на 1,2 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ выше контроля, в фазу ветвления 10,7 тыс. и 10,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, что на 2,2 и 2,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ выше контроля, в фазу бутонизации 14,9 и 15,1 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, что на 1,4 и 1,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ выше контроля, в фазу цветения прослеживается также закономерность площади листьев, на этих вариантах она составила 20,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, что на 5,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ больше контроля и в фазу образования бобов 28,7 и 28,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, что соответственно на 6,6 и 6,2 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ выше варианта без удобрений.

Для формирования высоких урожаев люпина белого важно не только формирование листового аппарата оптимальных размеров, но и продолжительность его деятельности с большей продуктивностью. Для анализа эффективности ассимиляционного аппарата в течение вегетации определяют фотосинтетический потенциал (ФП) посева. Который характеризует максимальную скорость фотосинтеза, которую растение может достигнуть в оптимальных условиях и наличии питательных веществ. Этот параметр во многом зависит от вида растения, его генетических особенностей, а также окружающей среды. Определение фотосинтетического потенциала может использоваться для оценки эффективности использования основных факторов жизни и других ресурсов растением. Этот показатель важен при изучении роста и развития растений, а также при оптимизации условий их возделывания, он наиболее тесно связан с размером урожая.

Результаты показали, что применение предпосевной обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» оказывало влияние на фотосинтетический потенциал посевов люпина в начальные фазы развития. Так в межфазный период нарастания листьев-ветвления на вариантах с обработкой семян «Аквамикс-Т» получен наибольший ФП люпина белого составил 174,1-179,0 тыс. $\text{м}^2 \times \text{дней}/\text{га}$, что выше вариантов без обработки (Таблица 10).

Применение листовых подкормок оказывало влияние на фотосинтетический потенциал люпина на более поздних фазах развития. Так, в межфазный период

цветение – образование бобов листовые подкормки «Аквамикс-ТВ», сернокислым калием (K_2SO_4) и монофосфатом калия (KH_2PO_4) повышали фотосинтетический потенциал до 681,2; 721,1 и 723,6 тыс. $m^2 \times$ суток/га, что выше контроля на 53,2; 93,1 и 95,6 тыс. $m^2 \times$ суток/га, но ниже вариантов с совместным применением с предпосевной обработкой семян.

Таблица 10 – Фотосинтетический потенциал посевов люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, тыс. $m^2 \times$ суток/га (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Межфазные периоды				Общий
	нарас- тание листьев –ветв- ление	ветвле- ние – бутони- зация	бутони- зация – цвете- ние	цветение –образо- вание бобов	
Контроль – без удобрений	132,3	240,6	384,9	628,0	1385,8
ОС Аквамикс-Т – фон	175,4	281,1	435,0	685,8	1577,4
ЛП Аквамикс-ТВ	137,7	242,4	377,6	681,2	1439,0
ЛП K_2SO_4	139,4	246,4	367,7	721,1	1474,5
ЛП KH_2PO_4	139,2	245,6	387,2	723,6	1495,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	175,7	283,0	436,6	754,8	1650,2
Фон + ЛП K_2SO_4	176,9	281,0	442,9	775,2	1676,0
Фон + ЛП KH_2PO_4	174,1	278,3	439,1	754,1	1645,7
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	141,7	246,2	393,8	769,2	1550,9
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	137,5	242,3	413,3	747,1	1540,2
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	177,5	281,2	457,2	773,6	1689,5
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	179,0	284,2	446,8	784,9	1694,9

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Листовая обработка «Аквамикс-ТВ» с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) в межфазный период цветение – образование бобов имели высокие показатели ФП 769,2 и 747,1 тыс. $m^2 \times$ суток/га. Аналогичное влияние оказывала обработка семян «Аквамикс-Т» в сочетании с внекорневой подкормкой «Аквамикс-ТВ»; сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) ФП составил 754,8; 775,2 и 754,1 тыс. $m^2 \times$ суток /га.

Наибольшее влияние на ФП посева люпина белого оказывала обработка семян «Аквамикс-Т» в сочетании с листовыми обработками «Аквамикс-ТВ» и сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) 773,6 и 784,9 тыс. $m^2 \times$ суток /га, что на 145,6 и 156,9 тыс. $m^2 \times$ суток / га выше контроля. Общий фотосинтетический потенциал посевов этих вариантов за вегетацию составил 1689,5 и 1694,9 тыс. $m^2 \times$ суток /га.

Одним из важных показателей в формировании урожая люпина белого, является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Она показывает какое количество энергии растение фиксирует в виде органических веществ при фотосинтезе за определенный период времени. Это понятие включает в себя энергию, полученную от солнечного света, и переводит ее в химическую энергию.

Чистая продуктивность фотосинтеза за вегетацию на вариантах без удобрений снижалась с 3,8 $г/м^2 \times$ суток в 2019 году до 3,2 $г/м^2 \times$ суток в 2021 году. В среднем за годы исследований данный вариант демонстрирует наименьшую среднюю чистую продуктивность фотосинтеза по опыту 3,5 $г/м^2 \times$ суток. Применение предпосевной обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» ЧПФ имела одинаковое значения 3,5 $г/м^2$ сут. с контрольным вариантом (Таблица 11).

Листовая подкормка растений люпина белого микроудобрением «Аквамикс-ТВ», а также сочетание предпосевной обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» имели практически одинаковые средние значения 3,6 и 3,7 $г/м^2$ сут., что может указывать на то, что применение микроудобрений оказывает положительное влияние на чистую продуктивность по сравнению с фоном (ОС Аквамикс-Т – фон) и контролем.

Листовая подкормка сернокислым калием (K_2SO_4), а также обработка семян «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой этим же макроудобрением показывают достаточно высокие средние значения чистой продуктивности фотосинтеза 3,9 и 3,8 $г/м^2 \times$ сут. соответственно и обеспечивают хорошую эффективность применения удобрений.

Таблица 11 – Чистая продуктивность фотосинтеза люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, г/м² × сут. (2019-2021 гг).

Вариант опыта	Годы			Среднее
	2019	2020	2021	
Контроль – без удобрений	3,8	3,6	3,2	3,5
ОС Аквамикс-Т – фон	3,8	3,4	3,3	3,5
ЛП Аквамикс-ТВ	4,0	3,8	3,4	3,7
ЛП K ₂ SO ₄	4,1	4,0	3,5	3,9
ЛП KН ₂ PO ₄	4,0	3,9	3,3	3,8
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	3,9	3,5	3,5	3,6
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	4,2	3,8	3,4	3,8
Фон + ЛП KН ₂ PO ₄	4,3	4,0	3,5	3,9
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	4,5	4,1	3,5	4,0
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	4,6	4,0	3,4	4,0
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	4,4	4,3	3,9	4,2
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	4,7	4,1	3,9	4,3

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Применение комбинаций удобрений, таких как листовая подкормка «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K₂SO₄); листовая подкормка «Аквамикс-ТВ» в сочетании с монофосфатом калия (KН₂PO₄); предпосевная обработка семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K₂SO₄) и предпосевная обработка семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» в сочетании с монофосфатом калия (KН₂PO₄) приводило к увеличению чистой продуктивности фотосинтеза до оптимальных значений 4,0-4,3 г/м² сут., что указывает на положительный синергетический эффект от сочетания макро- и микроудобрений применяемых в опыте.

Применение разнообразных комбинаций макро- и микроудобрений оказывает благоприятное воздействие на рост биомассы, развитие листовой поверхности растений, их фотосинтетический потенциал, общую продуктивность фотосинтеза. Эти факторы имеют ключевое значение для повышения урожайности посевов белого люпина. Наибольшее положительное влияние на формирование и

функционирование ассимиляционного аппарата растений люпина оказывало, как предпосевная обработка семян микроудобрением «Аквამикс-Т», так и листовая подкормка микроудобрением «Аквамикс-ТВ» и их сочетания с макроудобрениями сернокислым калием или монофосфатом калия, что свидетельствует о синергическом эффекте при их сочетании.

3.4. Особенности функционирования симбиотического аппарата растений люпина белого

Люпин развивается в симбиозе с клубеньковыми бактериями, от активной жизнедеятельности которых зависит его азотное питание. Клубеньковые бактерии усваивают атмосферный азот и снабжают им люпин. Фиксация протекает интенсивнее при условиях оптимального содержания в почве влаги и минеральных элементов питания, таких как фосфор и калий. Немаловажное влияние на этот процесс оказывает и микроэлементы, которые создают благоприятные условия для развития бобовых растений, что гарантирует хороший бобово-бактериальный симбиоз и активную фиксацию молекулярного азота [75].

Люпин, как представитель зерновых бобовых культур демонстрирует высокую способность к формированию симбиотического аппарата с бактериями рода *Rhizobium*. Этот симбиоз обеспечивает люпину доступ к дополнительному источнику азота, что является важным для роста и развития растений.

Минеральные макро- и микроэлементы играют ключевую роль в развитии и функционировании клубеньковых бактерий. Они не только активируют азотфиксирующий аппарат, но и обеспечивают усвоение и фиксацию биологического азота, а также регулируют водный баланс в растении [125].

Одним из важных приемов современных технологий возделывания кормового люпина является обеспечение в легко доступной форме как макро-, так и микроэлементов питания.

Следует отметить, что годы исследований с фазы нарастания листьев до фаз цветения и образования бобов на растении число клубеньков повышалось. Однако, если в фазе нарастания листьев и цветения все образовавшиеся клубеньки были активными, то в фазу бобообразования общее число клубеньков повышалось, а их активность на растении заметно падала, а число их снижалось от общего количества на 9,0-14,5%.

Также установлено, что в фазе нарастания листьев среднее число активных клубеньков на одно растение составляло 6,1 шт. Наибольшее число активных клубеньков функционировало на вариантах с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» – от 7,5 до 7,8 шт. На контроле и вариантах без применения предпосевной обработки семян этот показатель составил лишь 4,3-4,8 шт. на растение, что на 2,7-3,2 шт. меньше.

В фазе цветения среднее число активных клубеньков возросло и по опыту варьировало от 15,8 до 21,2 шт. на растение. Наименьшее число активных клубеньков было сформировано на варианте без удобрений – 15,8 шт. на растение. Листовая подкормка растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ», макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4), монофосфатом калия (KH_2PO_4), а также листовая подкормка «Аквамикс-ТВ» совместно с монофосфатом калия (KH_2PO_4) имели на растении активных клубеньков от 16,5 до 16,9 шт., однако, такое увеличение по сравнению с контрольным вариантом оказалось недостоверным (Таблица 12).

Предпосевная обработка семян «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой растений «Аквамикс-ТВ» с сернокислым калием (K_2SO_4) способствовали повышению числа активных клубеньков до 17,9 и 18,0 шт. на растении, что на 2,1 и 2,2 шт. достоверно выше контроля.

Высокие показатели числа активных клубеньков получены и на вариантах, с предпосевной обработкой семян микроэлементами «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ», макроэлементами сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) – 19,3; 19,5 и 19,3 шт. соответственно,

что существенно выше на 3,5; 3,7 и 3,5 шт. чем на вариантах без удобрений и листовой подкормкой растений.

В фазу цветения на вариантах с совместным применением предпосевной обработки семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» и сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) число активных клубеньков повышалось до 21,2 и 20,8 шт. соответственно, что выше контроля на 5,4 и 5,0 шт. Это математически доказано на 5% уровне значимости с контролем и другими вариантами опыта.

Таблица 12 – Число активных клубеньков на корнях растений люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, шт. (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	В среднем на одно растение в фазы		
	нарастания листьев	цветения	образования бобов
Контроль – без удобрений	4,5	15,8	20,1
ОС Аквамикс-Т – фон	7,5	17,9	22,2
ЛП Аквамикс-ТВ	4,7	16,9	22,5
ЛП K_2SO_4	4,4	16,6	22,6
ЛП KH_2PO_4	4,6	16,5	22,5
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	7,6	19,3	22,6
Фон + ЛП K_2SO_4	7,8	19,5	23,0
Фон + ЛП KH_2PO_4	7,7	19,3	22,8
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	4,8	18,0	23,7
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	4,3	16,9	23,6
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	7,8	21,2	24,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	7,5	20,8	24,0
НСР ₀₅ : 2019 год	0,6	0,4	1,1
2020 год	0,8	1,1	1,2
2021 год	1,2	1,5	1,0

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

В фазе образования бобов также наблюдалось увеличение числа активных клубеньков. Варианты с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т», листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ», сернокислым калием (K_2SO_4), монофосфатом калия (KH_2PO_4), а также предпосевной обработкой «Аквамикс-Т» совместно с

монофосфатом калия (KH_2PO_4) имели от 22,2 до 22,8 шт. активных клубеньков на растение, что на 2,0 и 2,7 шт. выше контроля. Все эти варианты опыта обеспечили достоверную прибавку к контролю без удобрений (Таблица 12).

Высокое значение числа активных клубеньков имели варианты с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой сернокислым калием (K_2SO_4) и вариант с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4), а также листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» в сочетании с монофосфатом калия (KH_2PO_4) их число составило 23,0; 23,7 и 23,6 шт. на растение, что существенно выше на 2,9; 3,6 и 3,5 шт. варианта без удобрений.

Максимальное число активных клубеньков имели варианты с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» и листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) или в сочетании с монофосфатом калия (KH_2PO_4) Их число составило 24,7 и 24,0 шт., что существенно выше контроля и других вариантов опыта.

Наряду с числом клубеньков для эффективности симбиотического аппарата большое значение имеет их размер и масса. Поэтому в наших опытах также учитывалась масса активных клубеньков. Установлено, что в начале развития растений, в фазу нарастания листьев предпосевная обработка семян микроудобрением «Аквамикс-Т» оказывала существенное влияние на массу клубеньков на корневой системе растений, их масса составляла 28,3-28,7 мг, что достоверно выше вариантов без применения предпосевной обработки семян на 1,7-2,1 мг (Таблица 13).

В фазе цветения варианты с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т», листовыми подкормками растений «Аквамикс-ТВ», сернокислым калием (K_2SO_4), монофосфатом калия (KH_2PO_4) и «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) имели массу клубеньков от 69,1 до 71,4 мг и достоверную прибавку 2,7–5,0 мг по сравнению с контролем.

Высокое значение массы активных клубеньков имели варианты с применением предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) их масса составила 76,4 и 75,0 мг, что на 10,0 и 8,6 мг существенно выше контроля и других вариантов опыта.

Таблица 13 – Масса активных клубеньков на корнях растений люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, мг (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	В среднем на одно растение в фазы		
	нарастания листьев	цветения	образования бобов
Контроль – без удобрений	26,6	66,4	103,8
ОС Аквамикс-Т – фон	28,3	71,3	109,8
ЛП Аквамикс-ТВ	26,9	69,1	111,6
ЛП K_2SO_4	26,8	69,1	110,2
ЛП KH_2PO_4	26,3	68,4	110,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	28,6	73,4	113,7
Фон + ЛП K_2SO_4	28,6	73,1	114,2
Фон + ЛП KH_2PO_4	28,7	73,7	114,0
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	26,2	71,4	115,3
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	25,6	70,9	114,8
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	28,5	76,4	116,4
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	28,4	75,0	116,1
НСР ₀₅ : 2019 год	1,1	2,3	2,7
2020 год	0,9	1,3	1,6
2021 год	1,0	1,9	1,5

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

В фазе образования бобов на растениях наблюдалось повышение массы активных клубеньков. На вариантах с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т», листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ», сернокислым калием (K_2SO_4) и монофосфатом калия (KH_2PO_4) масса активных клубеньков составила 109,8; 111,6; 110,2 и 110,7 мг соответственно, что превысило контроль на 6,0; 7,8; 6,4 и 6,9 мг или 5,8; 7,5; 6,2 и 6,6%. Это превышение было доказано математически на 5%

уровне значимости. Предпосевная обработка семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» и листовая подкормка растений «Аквамикс-ТВ», предпосевной обработкой «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой сернокислым калием (K_2SO_4), предпосевной обработкой «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой монофосфатом калия (KH_2PO_4), а также листовая подкормка «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) и листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» в сочетании с монофосфатом калия (KH_2PO_4) обеспечивали высокие показатели массы активных клубеньков на растениях 113,7; 114,2; 114,0; 115,3 и 114,8 мг, что достоверно выше контроля на 9,9; 10,4; 10,2; 11,5 и 11,0 мг или 9,5; 10,0; 9,8; 11,1 и 10,6%.

Предпосевная обработка семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) обеспечили самую высокую массу активных клубеньков 116,4 и 116,1 мг, что существенно на 12,6 и 12,3 мг или 12,1 и 11,8% выше контроля.

Таким образом, применение предпосевной обработки семян и листовых подкормок макро- и микроудобрениями, особенно в комбинациях, повышали симбиотическую активность люпина белого, способствовали увеличению как числа активных клубеньков на корнях растений люпина белого, так и их массы, что способствовало в почвенно-климатических условиях вегетации на черноземе типичном формировать высокую продуктивность люпина белого.

3.5. Урожайность семян и элементы структуры урожая люпина белого

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от факторов окружающей среды, морфологических и биологических особенностей растений, плодородия почвы и применяемой агротехники, что является интегрированным показателем. Реализация потенциальных возможностей посева происходит при оптимальных условиях возделывания, характерных для данного сорта [82].

Учитывая условия региона, необходимо обеспечить наиболее подходящие агроприемы для оптимального роста и развития зернобобовых культур. Поэтому изучение влияния микроудобрений «Аквамикс-Т» и «Аквамикс-ТВ», макроудобрений сернокислого калия (K_2SO_4) и монофосфата калия (KH_2PO_4) на урожайность семян люпина белого являются определяющими приемами при его возделывании.

По результатам трехлетних исследований установлено, что применения микроудобрения «Аквамикс-Т» перед посевом обеспечила урожайность семян люпина белого 2,95 т/га, прибавка составила 0,08 т/га или 2,8% и была незначительной по сравнению с контролем. Листовая подкормка микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в фазу бутонизации растений способствовала получению урожайности семян 3,03 т/га, а прибавка 0,16 т/га или 5,6% была достоверна лишь в 2019 и 2021 годах. Следует отметить, что все остальные варианты с применением макро- и микроудобрений имели достоверную прибавку этого показателя по сравнению с контролем (Таблица 14).

Листовая подкормка макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) и монофосфатом калия (KH_2PO_4) обеспечили урожайность семян люпина белого 3,10 и 3,15 т/га соответственно, достоверная прибавка по сравнению с контролем составила 0,23 и 0,28 т/га или 8,1 и 9,9%, тогда как от микроудобрения «Аквамикс-ТВ» составила лишь 0,07 и 0,12 т/га или 2,5 и 4,3%.

Предпосевная обработка семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с последующей листовой подкормкой по зеленому листу в фазу бутонизации растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» или сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) достоверно увеличивали урожайность люпина белого до 3,23 т/га, 3,27 и 3,26 т/га соответственно или 0,36 т/га, 0,40 и 0,39 т/га или 12,5%, 13,8 и 13,6% по сравнению с контролем.

Применение листовой подкормки растений совместно с микроудобрением «Аквамикс-ТВ» с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) обеспечили одинаковую высокую урожайность

люпина белого 3,36 и 3,32 т/га, что на 0,49 и 0,45 т/га или 17,1 и 15,8% выше контроля и были на уровне вариантов с применением «Аквамикс-Т» перед посевом семян с последующими листовыми подкормками растений в фазу бутонизации микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) на которых также получена высокая урожайность семян 3,47 и 3,42 т/га, прибавка 0,60 и 0,55 т/га или 20,8 и 19,0%, а достоверных различий по урожайности семян с вариантами, в которых проводилась комплексная листовая подкормка макро- и микроудобрением не выявлено. Поэтому при выборе способа применения хелатной формы микроудобрений преимущество следует отдавать листовой подкормке в фазе бутонизации люпина белого.

Таблица 14 – Урожайность семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, т/га

Вариант опыта	Урожайность семян, т/га			Средняя, т/га	± к контролю	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		т/га	%
Контроль – без удобрений	3,02	2,93	2,66	2,87	–	–
ОС Аквамикс-Т – фон	3,10	3,01	2,74	2,95	0,08	2,8
ЛП Аквамикс-ТВ	3,23	3,08	2,78	3,03	0,16	5,6
ЛП K_2SO_4	3,24	3,20	2,87	3,10	0,23	8,1
ЛП KH_2PO_4	3,35	3,18	2,93	3,15	0,28	9,9
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	3,43	3,24	3,02	3,23	0,36	12,5
Фон + ЛП K_2SO_4	3,47	3,28	3,05	3,27	0,40	13,8
Фон + ЛП KH_2PO_4	3,44	3,25	3,09	3,26	0,39	13,6
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	3,56	3,38	3,14	3,36	0,49	17,1
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	3,54	3,33	3,10	3,32	0,45	15,8
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + + ЛП K_2SO_4	3,66	3,48	3,26	3,47	0,60	20,8
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + + ЛП KH_2PO_4	3,64	3,41	3,20	3,42	0,55	19,0
НСР ₀₅	0,15	0,23	0,13	–	–	–

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Таким образом результаты проведенных исследований по оптимизации минерального питания растений показали, что применение макро- и микроудобрений даже в условиях нестабильного поступления атмосферных осадков и суховейных явлений способны создавать оптимальные условия для возделывания люпина белого.

Также установлено, что параметры элементов структуры урожая люпина белого на черноземе типичном изменялись в разной степени в зависимости от складывающихся метеорологических условий и применяемых макро- и микроудобрений. Наибольшее число бобов и семян на растении, масса семян с одного растения люпина, а также масса 1000 семян были получены на вариантах опыта с комплексным использованием предпосевной обработки семян микроудобрением в хелатной форме «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4), а также на вариантах с листовыми подкормками растений в фазу бутонизации микроэлементом в хелатной форме «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калия (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) (Таблица 15).

Следует отметить, что в более благоприятном, менее засушливом 2021 году на вариантах опыта растения люпина белого формировали максимальное число бобов до 7,8 шт./раст., а их масса варьировала от 3,9 до 7,6 г, однако масса 1000 семян (272-373 г) была ниже по сравнению с менее благоприятным и более засушливым 2019 годом.

Установлено, что на вариантах опыта в условиях недостаточного увлажнения, предпосевная обработка семян микроудобрениями в хелатной форме «Аквамикс-Т» и листовая подкормка в фазе бутонизации растений «Аквамикс-ТВ» совместно с макроудобрением сернокислым калия (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4), а также на вариантах с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ» совместно с сернокислым калия (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) обеспечили лучшие показатели структуры урожая. Максимальное число

бобов на растение 5,5-6,1 шт./раст., число семян 18,9-19,6 шт./раст. их массу 6,8-7,1 г/раст., а также и массу 1000 семян 370,3-377,3 г, что значительно выше контроля и других вариантов опыта.

Таблица 15 – Структура урожая люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Число бобов на 1 раст., шт.	Число семян с 1 раст., шт.	Масса семян с 1 раст., г	Масса 1000 семян, г
Контроль – без удобрений	3,2	14,8	4,0	301,3
ОС Аквамикс-Т – фон	3,7	15,5	4,6	312,0
ЛП Аквамикс-ТВ	3,8	15,2	6,0	316,7
ЛП K ₂ SO ₄	3,9	16,1	5,2	329,3
ЛП KН ₂ PO ₄	3,7	16,5	5,6	327,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	4,1	17,7	5,6	338,0
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	5,0	17,9	5,8	335,3
Фон + ЛП KН ₂ PO ₄	5,2	18,2	5,9	342,7
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	5,7	19,1	6,9	372,3
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	5,5	18,9	6,8	370,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	6,1	19,2	7,0	377,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KН ₂ PO ₄	5,6	19,6	7,1	374,7

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Таким образом, использование при предпосевной обработке семян микроэлементов в хелатной форме «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой в фазу бутонизации растений микроэлементным комплексом «Аквамикс-ТВ» с макроэлементами сернокислым калием (K₂SO₄) или монофосфатом калия (KН₂PO₄), а также листовые подкормки растений микроэлементами «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K₂SO₄) и монофосфатом калия (KН₂PO₄) оказывало наиболее выраженное положительное действие на основные элементы структуры и урожайность семян люпина белого.

3.6. Кормовая ценность семян люпина белого

Полученные результаты биохимических анализов семян люпина белого, проведенные в лаборатории ВНИИ люпина филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», указывают на зависимость их химического состава от погодных условий и минерального питания. Установлено, что внесение минеральных макро- и микроудобрений во все годы проведения исследований, не только способствовало увеличению урожайности, но также и повышению содержания сырого протеина в семенах белого люпина.

Установлено, что содержание сырого протеина в семенах белого люпина было разным, так, в более засушливом 2019 г. его количество колебалось от 31,5 до 33,6%, а в благоприятном 2020 г. увеличивалось от 34,1 до 39,1%. Благоприятное влияние на содержание сырого протеина в семенах люпина оказывало применение макро- и микроудобрений. Применение листовых подкормок макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) и монофосфата калия (KH_2PO_4) и их сочетаний с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» обеспечило высокое содержание сырого протеина 34,9-36,0%.

Максимальное содержание сырого протеина в семенах люпина белого 35,7-36,0% было получено на вариантах с внесением минеральных удобрений, предпосевной обработкой семян микроэлементом «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками по зеленому листу микроэлементом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4), что связано с созданием более оптимальных условий минерального питания в агроценозе люпина белого.

За годы исследований применяемые минеральные макро- и микроудобрения увеличивали содержания сырого протеина в семенах люпина белого на 1,2-3,2% по сравнению с контролем (Таблица 16).

Содержание сырого жира в семенах люпина белого мало отличалось как по годам исследований, так и по вариантам опыта. В 2019 г. его содержание

варьировало от 10,0 до 11,6%, в 2020 г. – от 9,1 до 10,0%, максимальное его содержание отмечено в 2019 г. на варианте с листовой подкормкой микроэлементным комплексом «Аквамикс-ТВ».

Содержание алкалоидов в семенах люпина было небольшим, и зависело от складывающихся метеорологических условий года, а также минеральных макро- и микроудобрений. В более засушливом 2019 г. алкалоидность семян составила 0,061-0,121 %, в менее засушливом 2020 г. его содержание снижалось до 0,048-0,110 %.

Таблица 16 – Качество семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, 2019-2020 гг.

Вариант опыта	Содержание, %			Сбор с 1 га		
	протеина	жира	алкалоидов	корм. ед., т	протеина, т	жира, кг
Контроль – без удобрений	32,8	10,5	0,055	3,58	0,98	311,6
ОС Аквамикс-Т – фон	34,0	10,6	0,064	3,67	1,04	325,3
ЛП Аквамикс-ТВ	34,1	10,3	0,096	3,79	1,08	326,4
ЛП K ₂ SO ₄	35,1	10,6	0,072	3,86	1,13	342,5
ЛП KN ₂ PO ₄	35,0	10,2	0,072	3,92	1,15	334,2
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	34,3	10,1	0,103	4,01	1,14	336,5
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	35,2	10,4	0,098	4,06	1,19	352,5
Фон + ЛП KN ₂ PO ₄	34,9	10,4	0,093	4,02	1,17	348,7
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	34,9	10,4	0,109	4,16	1,21	361,9
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KN ₂ PO ₄	35,1	10,3	0,114	4,13	1,21	355,0
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	35,7	10,0	0,077	4,28	1,27	356,3
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KN ₂ PO ₄	36,0	10,2	0,096	4,24	1,27	359,4

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Наименьшее количество алкалоидов в семенах за годы исследований было получено на контроле и варианте с предпосевной обработкой семян микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т» (0,055-0,064%). На вариантах опыта с обработкой семян микроэлементами «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой, микроэлементами «Аквамикс-ТВ», а также вариантах с листовой подкормкой растений микроэлементом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием

(K_2SO_4) и монофосфата калия (KH_2PO_4) алкалоидность повышалась до 0,103-0,114%. На всех других вариантах содержание алкалоидов было еще ниже и варьировало от 0,055 до 0,098%.

Сбор кормовых единиц в урожае семян люпина за годы исследований варьировал от 3,58 т/га на контрольном варианте до 4,28-4,24 т/га на вариантах с предпосевной обработкой семян микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой растений микроэлементном «Аквамикс-ТВ» с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) (Таблица 16).

Наибольший сбор кормовых единиц 4,39 и 4,37 т/га был получен в 2019 году на этих же вариантах. Это обусловлено более высокой урожайностью семян люпина белого по сравнению с 2020 г. Высокий сбор кормовых единиц люпина белого был получен на вариантах с двойным и тройным сочетанием минеральных удобрений, что на 0,43-0,70 т/га больше контроля. Аналогичные закономерности отмечены по сбору сырого протеина и сырого жира.

Таким образом, результаты исследований показали, что качество семян люпина белого изменялось в значительных пределах наибольшее положительное влияние на содержание сырого протеина оказывала листовая подкормка макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) в сочетании с микроэлементом «Аквамикс-ТВ», а также предпосевной обработкой семян микроэлементом «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ» с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4).

Содержание жира в семенах люпина белого было достаточно высоким и составило по вариантам 10,0-10,6%. Содержание алкалоидов в семенах варьировало от 0,055 до 0,114%. Варианты опыта с обработкой семян микроэлементом «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ», листовая подкормка микроудобрением «Аквамикс-ТВ» совместно с сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом

калия (K_2PO_4) имели содержание алкалоидов 0,103-0,114% и относились ко 2 классу качества семян кормового люпина. Остальные варианты имели содержание алкалоидов менее 0,100% и относятся к 1 классу качества.

3.7. Экономическое и биоэнергетическое обоснование возделывания люпина

Объективной оценкой приемов возделывания люпина белого является определение экономической и биоэнергетической эффективности, что позволяет правильно использовать современные сорта, эффективные приемы и энергетические ресурсы, независимо от сложившейся экономической ситуации на мировом рынке, спроса и предложения [171].

Нашими опытами установлено, что себестоимость 1 тонны семян люпина варьировала по вариантам от 10,3 до 11,8 тыс. руб. и уменьшалась при предпосевной обработке семян и листовой подкормке растений, а также их сочетаниях с минеральными удобрениями, несмотря на существенное увеличение производственных затрат с 33,8 тыс. руб./га до 35,7 тыс. руб./га (Таблица 17).

Комплексное применение изучаемых агроприемов, листовой подкормки растений в фазу бутонизации микроэлементным комплексом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроэлементами сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (K_2HPO_4), а также их совместное использование с обработкой семян перед посевом микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т» обусловило высокий условно чистый доход – 29,3-31,8 тыс. руб./га и уровень рентабельности 83,0-89,2%, тогда как на варианте без удобрений он составил лишь 22,0 тыс. руб./га и 65,2% соответственно, что свидетельствует об эффективном использовании удобрений при разных приемах их применения на люпине белом в условиях региона.

Результаты биоэнергетической оценки показали, что количество обменной энергии, накопленной в урожае семян люпина белого, было наибольшим при

двойном и тройном сочетании макро- и микроудобрений 46,87-50,36 ГДж/га, что существенно выше контроля (Таблица 18).

Таблица 17 – Экономическая эффективность возделывания люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Условно чистый доход руб./га	Себестоимость, руб./т	Уровень рентабельности, %
Контроль – без удобрений	55838	33810	22028	11781	65,2
ОС Аквамикс-Т – фон	57395	34220	23175	11600	67,7
ЛП Аквамикс-ТВ	58951	34550	24401	11403	70,6
ЛП K ₂ SO ₄	60313	34880	25433	11252	72,9
ЛП KN ₂ PO ₄	61286	34895	26391	11078	75,6
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	62842	34960	27882	10824	79,8
Фон + ЛП K ₂ SO ₄	63621	35290	28331	10792	80,3
Фон + ЛП KN ₂ PO ₄	63426	35305	28121	10830	79,7
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	65372	35284	30088	10501	85,3
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KN ₂ PO ₄	64593	35299	29295	10632	83,0
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K ₂ SO ₄	67512	35690	31822	10285	89,2
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KN ₂ PO ₄	66539	35739	30800	10450	86,2

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Установлено, что затраты совокупной энергии различались в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, способам их внесения и варьировали от 15,30 до 20,10 ГДж/га, возрастая при комплексном их применении. Наибольший чистый энергетический доход был получен при применении предпосевной обработки семян «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений «Аквамикс-ТВ» 30,31 ГДж/га, а также листовых подкормок «Аквамикс-ТВ» совместно с сернокислым калием (K₂SO₄) 31,29 ГДж/га и тройным сочетанием удобрений, предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками

«Аквамикс-ТВ» с сернокислым калием (K_2SO_4), который составил 32,32 ГДж/га, превысив контроль на 3,40; 4,38 и 5,41 ГДж/га соответственно.

На других вариантах опыта и контроле чистый энергетический доход был ниже 26,91-27,98 ГДж/га. Биоэнергетический коэффициент эффективности посева достаточно высоким по всем вариантам опыта и варьировал от 2,40 до 2,83.

Таблица 18 – Биоэнергетическая эффективность возделывания люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Выход обменной энергии, ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Биоэнергетический коэффициент посева
Контроль – без удобрений	41,65	14,74	26,91	2,83
ОС Аквамикс-Т – фон	42,81	15,30	27,51	2,80
ЛП Аквамикс-ТВ	43,97	16,00	27,97	2,75
ЛП K_2SO_4	44,99	17,01	27,98	2,65
ЛП KH_2PO_4	45,71	19,07	27,65	2,40
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	46,87	16,57	30,31	2,82
Фон + ЛП K_2SO_4	47,46	17,57	29,88	2,70
Фон + ЛП KH_2PO_4	47,31	19,63	27,68	2,41
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	48,76	17,47	31,29	2,79
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	48,18	19,04	29,14	2,53
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K_2SO_4	50,36	18,04	32,32	2,79
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH_2PO_4	49,63	20,10	29,53	2,47

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Высокоэффективными были варианты с биоэнергетическим коэффициентом использования микроудобрения «Аквамикс-Т» при предпосевной обработке семян – 2,80, листовой подкормки растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» – 2,75, обработкой семян «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений «Аквамикс-ТВ» – 2,82 в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) – 2,70, а также вариант листовой подкормки растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) – 2,79 единиц.

Использование макроудобрения монофосфата калия (KH_2PO_4) было менее эффективным по сравнению с сернокислым калием (K_2SO_4), у которого биоэнергетический коэффициент варьировал от 2,40 до 2,53 единиц.

Таким образом, по экономическим и биоэнергетическим показателям высокоэффективными являются варианты опыта с комплексным применением как микроудобрений «Аквамикс-Т» и «Аквамикс-ТВ», так и макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) и монофосфатом калия (KH_2PO_4).

Глава 4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И НОВЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО

Кормовой люпина является ценным источником белка в кормопроизводстве, сбалансированного по аминокислотному составу, имеет приоритетное значение в адаптивном земледелии. В Центрально-Черноземном регионе, включая Белгородскую области, одной из основных зернобобовых культур является соя.

Однако, в почвенно-климатических условиях региона возделывать лишь одну культуру сою нецелесообразно и опасно. Из зерновых бобовых культур, наибольший интерес в регионе представляет люпин белый, который обладает высокой продуктивностью, а семена содержат полноценный белок со всеми незаменимыми аминокислотами.

Характерная особенность семян современных адаптированных сортов люпина – высокое содержание протеина при низкой алкалоидности. Поэтому люпин белый в регионе является одним из перспективных источников получения недорогого растительного белка, необходимого для успешного современного животноводства [94].

При внедрении в производство новых пластичных сортов повышается устойчивость растений к неблагоприятным условиям, устойчивость к вредителям и болезням, возрастает урожайность семян и улучшается их качество.

В настоящее время имеются высокоурожайные сорта люпина с нестресскивающимися бобами, высоким содержанием белка, но они ограниченно возделываются в регионе. К тому же новые высокопродуктивные сорта люпина белого созданные на базе ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса», в настоящее время недостаточно хорошо изучены для засушливых условий региона. Поэтому появилась необходимость в подборе сортов с повышенной продуктивностью для региональной технологии, а также образцов люпина белого для передачи в Государственную комиссию по испытанию и охране селекционных достижений.

4.1. Особенности развития, линейный рост сортов и сортообразцов люпина

Видовыми и сортовыми особенностями полевых культур является продолжительность вегетационного периода, которая зависит от морфологических и биологических особенностей сорта и погодных условий года.

Объектом наших исследований являлись 4 сорта и 26 новых сортообразцов люпина белого, посев которых проводился в оптимальные сроки после посева ранних яровых культур, при прогревании посевного слоя почвы до 5-7 °С.

В течение трех лет (2019-2021 гг.) отмечена фенотипическая изменчивость морфологических и хозяйственно ценных признаков однолетнего вида люпина белого. Все годы исследований характеризовались повышенным температурным режимом и неравномерным поступлением осадков, что влияло на продолжительность вегетационного периода, который варьировал от 95 до 105 суток у сортов и от 90 до 108 суток сортовых образцов.

Наибольшей скороспелостью в период всходы-созревание отличились сорта: Дега, Мичуринский и Пилигрим у которых продолжительность вегетационного периода составляла 95-97 суток. Сорт Тимирязевский был более позднеспелым 105 суток. Среди 26 сортообразцов 19 из них были скороспелые с периодом вегетации от 90 до 98 суток. Продолжительной вегетацией отличились образцы: СН 77–17, СН 78–16, СН 15–13, Алый парус (ПР1–18), СН 25–11, СН 2–17 и СН 17–14 от 103 до 112 суток. Аналогичные закономерности отмечены при изучении сортов и образцов люпина белого и в период посева–созревание культуры (Таблица 19).

Сопоставляя сроки и климатические условия в годы проведения опытов, можно отметить, что длина вегетации растений люпина зависела от генетических особенностей сорта, теплового режима и количества выпавших осадков в течение вегетационного периода. Известно, что высота растений полевых культур является сортовым признаком. В пределах одного сорта высота растений определяется складывающимися погодными условиями, плодородием почвы и технологическим приемами возделывания [99].

Таблица 19 – Продолжительность периодов развития сортов и сортообразцов люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, сортообразец	Всходы – созревание, суток	Посев – созревание, суток	Сорт, сортообразец	Всходы – созревание, суток	Посев – созревание, суток
Мичуринский, st.	97	113	СН 55–14	93	109
Пилигрим	97	113	СН 71–16	94	109
Дега	95	110	СН 816–09	91	106
Тимирязевский	105	120	СН 12–13	90	107
СН 76–16	98	113	СН 1735–10	95	111
СН 1022–09	98	113	СН 54–08	92	108
СН 1397–10	93	108	СН 20–13	93	109
СН 51–11	94	110	СН 35–13	90	105
СН 8–12	93	108	СН 138–16	91	106
СН 15–15	92	107	СН 77–17	103	118
СН 39–15	90	104	СН 10–16	94	110
СН 40–15	92	108	Алый парус (ПР1–18)	108	123
СН 78–16	103	118	СН 25–11	108	124
СН 18–13	94	110	СН 2–17	112	128
СН 15–13	106	121	СН 17–14	110	125

Гатаулиной Г.Г., Бугаевым П.Д., Долгодворовым В.Е. (2019 г.) установлено, что высокорослые растения формируют более высокий урожай хозяйственно ценной части. Считается, что высота растений увеличивается до конца цветения, а затем продукты фотосинтеза расходуются на рост и развитие семян, других генеративных органов. Если в этот период складываются неблагоприятные условия для растений, то для создания полноценных семян часть пластических веществ может поступать из стебля. По их мнению, общепринятым способом морфологического контроля за ростом является динамика определения высоты растений.

Линейный рост растений сортов и образцов люпина белого в наших полевых опытах во все фазы вегетации зависел от сортовых особенностей и погодных условий (Таблица 20).

В среднем за 3 года исследований, в фазе образования бобов наибольшая высота растений люпина белого (53,2-57,5 см) отмечена у сортов: Дега и Тимирязевский, и 11 образцов: СН 51–11, СН 8–12, СН 15–15, СН 39–15, СН 78–16, СН 138–16, СН 77–17, СН 10–16, Алый парус (ПРІ–18), СН 25–11 и СН 17–14. Остальные сорта и образцы формировали меньшую высоту растений и не превысили стандарт.

Важным показателем вегетации люпина белого является определение динамики нарастания линейного роста растений в промежутках между фазами вегетации. Установлено, что у всех изучаемых сортов и большинства сортообразцов люпина белого наибольшие межфазные приросты растений отмечены в периоды ветвление-бутонизация и бутонизация-цветение.

Сорта люпина белого: Пилигрим, Дега, Тимирязевский и сортообразцы СН 1022–09, СН 1397–10, СН 51–11, СН 15–15, СН 40–15, СН 18–13, СН 15–13, СН 55–14, СН 71–16, СН 1735–10, СН 138–16, СН 77–17, СН 10–16, Алый парус (ПРІ–18) в межфазный период ветвление-бутонизация отличались наибольшими приростами высоты растений, которые варьировали от 10,8 до 15,8 см и превысили стандарт на 0,9-5,9 см. В межфазный период бутонизация-цветение растений лишь сорт Дега и образцы: СН 76–16, СН 8–12, СН 15–15, СН 39–15, СН 40–15, СН 78–16, СН 18–13, СН 35–13, Алый парус (ПРІ–18) и СН 25–11 имели больший линейный прирост по сравнению со стандартом (Таблица 21).

Исследования показали, что наступление фаз развития, их длительность прохождения, линейный рост и прирост растений сортов и образцов люпина тесно связаны с сортовыми особенностями и метеорологическими условиями периода вегетации. Более благоприятный температурный режим и влагообеспечение, с равномерным выпадением осадков во время вегетации растений сокращали продолжительность вегетационного периода, обеспечивала оптимальный линейный рост растений сортов и сортовых образцов люпина белого.

Таблица 20 – Динамика линейного роста сортов и сортообразцов люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, сортообразец	Средняя высота растений в фазы вегетации, см				
	нарастания листьев	ветвле- ния	бутона- зации	цветения	образование бобов
Мичуринский, st	10,1	18,0	27,9	41,6	50,5
Пилигрим	8,5	16,5	28,0	40,4	49,9
Дега	8,7	16,4	28,8	43,0	53,2
Тимирязевский	12,1	20,2	33,8	46,3	57,5
СН 76–16	9,5	17,8	25,2	39,1	48,7
СН 1022–09	8,6	16,6	28,0	40,4	45,2
СН 1397–10	10,8	19,0	30,6	43,1	50,4
СН 51–11	12,3	20,8	36,6	48,5	56,9
СН 8–12	10,8	18,9	28,0	42,0	50,7
СН 15–15	10,1	18,6	32,4	46,4	54,8
СН 39–15	10,8	19,0	27,0	40,8	52,1
СН 40–15	8,9	16,8	28,4	41,9	45,7
СН 78–16	10,0	17,8	26,5	40,0	51,3
СН 18–13	9,9	17,2	30,4	43,6	49,4
СН 15–13	8,0	16,3	27,4	40,2	46,4
СН 55–14	9,7	18,2	28,6	41,5	47,4
СН 71–16	8,2	16,1	33,2	45,2	49,2
СН 816–09	8,4	16,4	22,7	36,2	48,5
СН 12–13	8,6	16,7	25,0	37,9	49,4
СН 1735–10	10,4	19,3	30,1	42,5	47,7
СН 54–08	8,6	16,6	24,7	37,6	47,4
СН 20–13	11,4	19,3	24,0	37,7	44,7
СН 35–13	9,8	18,1	23,7	38,2	47,4
СН 138–16	9,2	17,8	29,1	41,7	52,4
СН 77–17	9,4	16,6	30,4	43,3	52,7
СН 10–16	10,3	19,0	30,7	43,7	50,7
Алый парус (ПРІ–18)	10,3	18,3	29,0	43,6	60,2
СН 25–11	10,5	19,0	26,0	40,5	53,9
СН 2–17	9,2	18,1	25,9	39,8	49,4
СН 17–14	8,4	16,8	25,7	39,0	51,4
НСР ₀₅ : 2019 год	1,1	1,4	2,3	2,7	3,6
2020 год	1,0	1,6	1,4	2,8	3,3
2021 год	1,3	1,7	2,6	2,5	3,7

Таблица 21 – Динамика нарастания высоты растений люпина белого в межфазные периоды, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Высота растений в межфазные периоды, см			
	нарастание листьев – ветвление	ветвление – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов
Мичуринский, st	7,9	9,9	13,8	8,9
Пилигрим	8,0	11,5	12,4	9,5
Дега	7,6	12,5	14,2	10,2
Тимирязевский	8,1	13,6	12,5	11,2
СН 76–16	8,3	7,4	13,9	9,6
СН 1022–09	8,1	11,3	12,5	4,7
СН 1397–10	8,2	11,6	12,6	7,3
СН 51–11	8,5	15,8	11,9	8,4
СН 8–12	8,1	9,0	14,0	8,7
СН 15–15	8,6	13,8	14,0	8,4
СН 39–15	8,3	8,0	13,7	11,3
СН 40–15	7,9	11,6	13,5	3,8
СН 78–16	7,8	8,7	13,5	11,3
СН 18–13	7,4	13,1	13,2	5,8
СН 15–13	8,3	11,1	12,8	6,2
СН 55–14	8,5	10,4	12,9	5,9
СН 71–16	7,9	17,1	12,0	4,0
СН 816–09	8,0	6,4	13,4	12,3
СН 12–13	8,0	8,3	12,9	11,5
СН 1735–10	8,9	10,8	12,4	5,1
СН 54–08	8,1	8,1	12,9	9,8
СН 20–13	7,9	4,8	13,7	7,0
СН 35–13	8,4	5,6	14,5	9,3
СН 138–16	8,6	11,3	12,6	10,7
СН 77–17	7,2	13,7	13,0	9,4
СН 10–16	8,7	11,7	13,0	7,0
Алый парус (ПРІ–18)	8,0	10,8	14,6	16,6
СН 25–11	8,4	7,1	14,4	13,4
СН 2–17	8,9	7,8	13,9	9,5
СН 17–14	8,4	8,9	13,3	12,4

4.2. Урожайность семян и элементы продуктивности сортов и сортообразцов люпина

Продуктивность люпина белого является основным показателем эффективности всех технологических приемов возделывания и во многом зависит как генетических особенностей, так и метеорологических условий. Несмотря на специфическую реакцию изучаемых сортов и образцов люпина белого на метеорологические условия во все годы проведения исследований (2019-2021 гг.) распределение осадков было неравномерное по месяцам и декадам вегетации, с дефицитом влаги в критический период цветения и налива семян. Это не позволило сортам и сортовым образцам люпина белого в полной мере реализовать потенциал семенной продуктивности посева, что проявилось в значительных колебаниях их урожайности по годам исследований. Однако, все сорта и большинство сортовых образцов люпина белого достоверно превысили по урожайности стандартный сорт Мичуринский.

В 2019 г. была отмечена наибольшая урожайность семян по сортам и образцам, при этом достоверно превысили сорт стандарт по семенной продуктивности 3 сорта и 18 образцов люпина. Самые высокие ее значения были получены у образцов СН 12-13 и СН 54-08, которые составили 524 и 526 г/м², и превысили стандарт на 208 и 210 г/м² или 40,0%. Высокая урожайность более 450 г/м² получена у образцов СН 816-09, СН 1735-10, СН 77-17 и СН 17-14, превышение их по сравнению со стандартом составило 30-33%. Урожайность семян на уровне 400-437 г/м² получена у семи образцов: Алый парус (ПР1-18), СН 78-16, СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 20-13 и СН 35-13. Значительно уступили стандарту в условиях 2019 г. (на 56 и 62 г/м²) образцы СН 76-16 и СН 1022-09. Урожайность сорта Дега и пяти образцов: СН 8-12; СН 39-15; СН 71-16; СН 10-16 и СН 2-17 находилась на уровне стандарта.

В условиях 2020 года по урожайности семян люпина белого выделились образцы СН 12-13, СН 35-13 и СН 17-14, у которых она составила 407, 432 и 412

г/м² соответственно и превысив стандарт на 33-37%. Урожайность свыше 350 г/м² получена у сорта Пилигрим и шести образцов: СН 18–13, СН 816–09, СН 1735–10, СН 54–08, СН 138–16, СН 77–17. У сорта Тимирязевский и десяти образцов: Алы́й парус (ПР1–18), СН 1397–10, СН 51–11, СН 8–12, СН 78–16, СН 15–13, СН 55–14, СН 71–16, СН 25–11, СН 2–17 этот показатель находился в интервале от 300 до 350 г/м². В целом можно отметить, что в 2020 г. достоверно превысили стандарт 3 сорта и 19 образцов. Как и в предыдущем году существенное снижение урожайности по сравнению со стандартом отмечено у образцов СН 76–16, СН 1022–09 и СН 51–11.

В 2021 г. достоверно превысили стандарт по урожайности семян 3 сорта и 14 образцов. Максимальная урожайность семян составила 393 г/м² у образца СН 35–13, это на 100 г/м² или 25 % выше стандарта. У образцов СН 12–13, СН 54–08, СН 77–17 и СН 17–14 этот показатель превысил 350 г/м². Урожайность в пределах 312–350 г/м² обеспечили 3 сорта: Дега, Тимирязевский, Пилигрим и 8 образцов: СН 8–12; СН 18–13; СН 15–13; СН 55–14; СН 816–09; СН 1735–10; СН 138–16 и СН 25–11. Образцы СН 76–16, СН 1022–09, СН 15–15, СН 39–15, СН 40–15, СН 20–13, СН 10–16 имели урожайность семян в пределах 216–270 г/м², что на 23–77 г/м² достоверно ниже стандарта.

Урожайность семян сортообразцов: СН 1397–10, СН 51–11, СН 78–16, СН 71–16, СН 2–17 не обеспечивали достоверных различий и находились в пределах ошибки опыта на уровне стандарта.

На основании вышеизложенного можно заключить, что в засушливых условиях вегетации среднем за три года исследований наибольшую урожайность семян, достоверно превосходящую стандарт, обеспечили 2 сорта и 13 образцов люпина белого. Наибольшую прибавку урожайности по сравнению со стандартом от 43 до 48% обеспечили образцы СН 17–14, СН 54–08 и СН 12–13. Прибавка урожайности от 34 до 39% получена у образцов: СН 816–09, СН 1735–10, СН 35–13 и СН 77–17. Превысили стандарт на 21–26% сорт Пилигрим, а также 5 образца: СН 18–13, Алы́й парус, СН 15–13, СН 55–14, СН 138–16. У сорта Тимирязевский и образцов СН 1397–10, СН 78–16 и СН 25–11 превышение уровня урожайности

семян над стандартом составило от 13 до 18%. В то же время самыми низкоурожайными, уступающими стандарту на 15 и 16% являлись образцы СН 76–16 и СН 1022–09 (Таблица 22).

Таблица 22 – Урожайность семян сортов и образцов люпина белого

Сорт, образец	Урожайность семян, г/м ²			Средняя	± к контролю	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		г/м ²	%
Мичуринский, st	316	274	293	294	–	–
Пилигрим	360	368	339	356	+62	+21
Дега	300	298	312	303	+9	+3
Тимирязевский	340	332	320	331	+36	+13
СН 76–16	260	252	234	249	-46	-15
СН 1022–09	254	232	216	234	-60	-20
СН 1397–10	364	327	307	333	+38	+13
СН 51–11	350	300	282	311	+16	+6
СН 8–12	300	346	322	323	+28	+10
СН 15–15	358	290	270	306	+12	+4
СН 39–15	302	285	265	284	-10	-3
СН 40–15	360	289	269	306	+12	+4
СН 78–16	414	310	291	338	+44	+15
СН 18–13	430	352	327	370	+75	+26
СН 15–13	402	348	324	358	+64	+22
СН 55–14	423	334	311	356	+62	+21
СН 71–16	303	321	302	309	+14	+5
СН 816–09	462	372	346	393	+99	+34
СН 12–13	524	407	370	434	+139	+48
СН 1735–10	466	373	343	394	+100	+34
СН 54–08	526	392	357	425	+131	+45
СН 20–13	437	262	246	315	+21	+7
СН 35–13	400	432	393	408	+114	+39
СН 138–16	386	372	342	367	+72	+25
СН 77–17	451	384	353	396	+102	+35
СН 10–16	296	260	244	267	-28	-9
Алый парус (ПР1–18)	420	337	327	361	+67	+23
СН 25–11	392	340	313	348	+54	+18
СН 2–17	339	330	307	325	+31	+11
СН 17–14	473	412	375	420	+126	+43
НСР ₀₅	23,4	21,0	17,5	–	–	–

Установить закономерности формирования урожая и его зависимость от морфологических и биологических особенностей культуры, погодных условий, позволяет анализ структуры урожая.

Устойчивым показателем структуры урожая, слабо подверженными влиянию погодных условий и присущие конкретному сорту, является число бобов на растение. В нашем опыте в среднем за годы исследований число бобов варьировало от 3,4 штук у образца СН 76–16 и до 4,9 штук у СН 54–08 (Таблица 23).

Подтвержден значительным колебаниям в зависимости от погодных условий и уровня технологии возделывания такой показатель, как масса семян с растения. Большинство сортов и образцов люпина по массе семян с растения превысили стандарт, у которого в среднем данный показатель составил 4,2 г, тогда как у сорта Пилигрим и 19 изучаемых сортообразцов масса семян находилась от 4,8 до 6,0 г.

Масса 1000 семян также является сортовым признаком, который также варьирует под влиянием погодных условий. В среднем за 3 года этот показатель был наибольшим у образца СН 25–11 и составил 306,1 г. У образцов СН 12–13, СН 2–17 масса 1000 семян превысила 280,0 г. У сортов Дега, Тимирязевский и четырех образцов: СН 78–16, СН 15–13, СН 138–16, СН 77–17 этот показатель находился на уровне стандарта. Остальные сорта и образцы уступали стандарту, при этом наименьшей массой 1000 семян отличались образцы СН 35–13, СН 816–09 и СН 1022–09, у которых снижение этого показателя относительно стандарта составило от 33,6 до 36,8 г.

Таким образом, в среднем за годы исследований у люпина белого наибольшая прибавка урожайности семян от 43 до 48 % относительно стандарта получена у образцов: СН 17–14, СН 54–08 и СН 12–13. Прибавку в интервале от 34 до 39 % получена у образцов: СН 816–09, СН 1735–10, СН 35–13 и СН 77–17. Сорта Пилигрим, а также 5 образцов: СН 18–13, Алый парус, СН 15–13, СН 55–14, СН 138–16 превысили стандарт на 21–26 %. Прибавку урожайности семян порядка 13–18% обеспечили сорт Тимирязевский и образцы: СН 1397–10, СН 78–16 и СН 25–11 (Таблица 23).

Таблица 23 – Элементы структуры урожая люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, образец	Число бобов на 1 растение, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Мичуринский, st.	3,9	4,2	273,4
Пилигрим	3,7	4,8	252,4
Дега	3,7	3,9	271,3
Тимирязевский	4,1	4,6	274,6
СН 76–16	3,4	3,4	257,2
СН 1022–09	3,4	3,8	239,8
СН 1397–10	3,9	4,8	260,4
СН 51–11	4,0	4,6	263,4
СН 8–12	3,5	3,9	258,4
СН 15–15	4,0	4,8	254,2
СН 39–15	4,2	3,9	244,9
СН 40–15	3,9	4,8	255,7
СН 78–16	4,3	5,2	278,2
СН 18–13	4,1	5,2	265,4
СН 15–13	4,3	5,0	273,4
СН 55–14	4,0	5,3	261,7
СН 71–16	3,8	3,9	250,1
СН 816–09	4,6	5,9	237,8
СН 12–13	4,8	6,3	280,6
СН 1735–10	4,3	6,2	255,8
СН 54–08	4,9	6,1	251,0
СН 20–13	4,6	5,7	268,5
СН 35–13	3,9	5,0	236,6
СН 138–16	3,8	4,9	274,4
СН 77–17	4,4	6,0	275,7
СН 10–16	4,2	5,5	261,3
Алый парус (ПР1–18)	4,1	5,5	292,4
СН 25–11	4,0	5,0	306,1
СН 2–17	3,7	3,5	284,5
СН 17–14	4,4	6,0	256,4

Также установлено, что сорт люпина белого Тимирязевский и 17 сортообразцов, по числу бобов на растении превысили стандартный сорт Мичуринский, у которого этот показатель варьировал от 4,0 до 4,9 шт. на растении.

Большинство сортов и образцов в опыте по массе семян с растения превысили стандарт, у которого она составила 4,2 г. Тогда как у сорта Пилигрим и

у 19 изучаемых сортообразцов масса семян с одного растения находилась в интервале 4,8-6,0 г. У 3 сортов и 5 сортообразцов люпина белого масса семян с 1 растения была больше 4,0 г и варьировала от 4,2 г у стандартного сорта Мичуринский до 4,9 г сортообразца СН 138–16.

Масса 1000 семян у люпина белого варьировала у сортов от 252,4 до 274,6 г, сортообразцов от 236,6 до 306,1 г, а у образцов СН 12–13, СН 2–17, АЛЫЙ парус (ПР1–18) и СН 25–13 она была еще выше и составила 280,6-306,1 г. Все сорта и сортообразцы по массе 1000 семян соответствовали культуре люпина белого.

4.3. Показатели качества семян сортов и сортообразцов люпина белого

Наряду с урожайностью при оценке полевых культур большое значение имеет качество урожая. Основными критериями качества семян люпина белого являются содержание в них сырого протеина и жира, а также алкалоидов.

Установлено, что содержание протеина в семенах сортов и образцов люпина белого варьировало в довольно широких пределах от 29,55% до 36,45%.

Наиболее высокопротеиновыми оказались 7 сортообразцов люпина и сорт Пилигрим, у которых содержание протеина в семенах превысило 35,75%. Наибольший сбор протеина от 140,54 г/м² до 155,87 г/м² обеспечили образцы: СН 18–13, СН 77–17, СН 17–14 и СН 12–13, которые отличались и высокой урожайностью. Сбор протеина в интервале от 121,18 г до 139,15 г/м² был отмечен у сорта Пилигрим и 7 сортообразцов люпина: СН 1397–10; СН 55–14; СН 1735–10; СН 54–08; СН 35–13; СН 138–16 и СН 2–17 (Таблица 24).

Содержание жира в семенах сортов и сортообразцов люпина белого варьировало от 10,00 до 11,54 % и соответствовало критериям возделываемой культуры. С увеличением урожайности соответственно увеличивался и сбор жира. Его максимальное значение – 52,81 г/м² было получено у образца СН 12–13. Сбор жира свыше 40,00 г/м² обеспечили 12 сортообразцов люпина белого: СН 18–13, СН 55–14, СН 816–09, СН 12–13, СН 1735–10, СН 54–08, СН 35–13, СН 138–16, СН 77–

17, Алый парус (ПР1–18), СН 25–11 и СН 17–14, тогда как у стандарта Мичуринский этот показатель составил 29,57 г/м².

Таблица 24 – Качество семян сортов и образцов люпина белого, 2019-2020 гг.

Сорт, образец	Содержание, %			Сбор, г/м ²	
	протеина	жира	алкалоидов	протеина	жира
Мичуринский, st.	32,27	10,03	0,048	95,18	29,57
Пилигрим	35,75	10,34	0,083	130,13	37,64
Дега	33,99	10,00	0,073	101,62	29,90
Тимирязевский	33,60	10,14	0,076	112,88	34,07
СН 76–16	31,79	10,34	0,062	81,38	26,46
СН 1022–09	36,14	10,84	0,065	87,82	26,33
СН 1397–10	35,08	10,62	0,070	121,18	36,69
СН 51–11	33,34	11,26	0,077	108,34	36,58
СН 8–12	32,51	10,66	0,067	105,01	34,43
СН 15–15	36,09	11,21	0,105	116,93	36,30
СН 39–15	36,17	10,96	0,095	106,14	32,15
СН 40–15	35,91	10,38	0,082	116,53	33,67
СН 78–16	31,54	10,90	0,089	114,16	39,46
СН 18–13	35,95	11,54	0,089	140,54	45,12
СН 15–13	31,41	10,33	0,101	117,77	38,72
СН 55–14	34,56	11,16	0,111	130,81	42,24
СН 71–16	32,01	10,80	0,076	99,87	33,68
СН 816–09	29,55	11,19	0,075	123,20	46,64
СН 12–13	33,49	11,35	0,091	155,87	52,81
СН 1735–10	30,53	10,55	0,075	128,07	44,26
СН 54–08	29,38	10,42	0,104	134,83	47,80
СН 20–13	33,84	10,75	0,086	118,25	37,57
СН 35–13	33,45	10,80	0,099	139,15	44,93
СН 138–16	33,49	11,23	0,062	126,91	42,56
СН 77–17	33,85	10,46	0,166	141,30	43,65
СН 10–16	33,43	10,63	0,138	92,92	29,55
Алый парус (ПР1–18)	29,61	11,10	0,097	112,05	42,01
СН 25–11	31,31	11,20	0,123	114,58	40,97
СН 2–17	36,45	11,07	0,348	121,93	37,01
СН 17–14	33,44	10,21	0,132	147,95	45,16

Содержание алкалоидов в семенах люпина белого варьировало в довольно широких пределах от 0,048% до 0,166%, исключение составил сортообразец СН 2–17 (0,348%). При этом большинство сортов и сортообразцов люпина по этому важному критерию относятся к группе малоалкалоидных и среднеалкалоидных.

Таким образом, содержание протеина в семенах сортов и образцов люпина белого в среднем за годы исследований варьировало в широких пределах от 29,55% до 36,45% при 32,27% у стандарта сорта Мичуринский. Высокое содержание протеина более 35%, получено у сорта Пилигрим – 35,75% и 7 образцов люпина: СН 1022–09, СН 1397–10, СН 15–15, СН 39–15, СН 40–15, СН 18–13 и СН 2–17. Содержание жира в семенах сортов и образцов люпина белого варьировало от 10,00 до 11,54% и соответствовало критериям культуры. По содержанию алкалоидов в семенах все сорта и образцы, за исключением образца СН 2–17 (0,348%) относятся к группе малоалкалоидных и среднеалкалоидных.

4.4. Агробиологические возможности сортов и сортообразцов люпина белого

В условиях, повторяющихся в регионе весенне-летнего периода повышенных температур и недостатка влаги, снижающий продуктивность люпина, возделываемые сорта должны быть экологически пластичными и засухоустойчивыми. Важным и часто применяемым для количественного выражения экологической пластичности является коэффициент адаптивности. Если он превышает 100 %, то такой сорт считается потенциально высокопродуктивным.

Наибольшими коэффициентами адаптивности в опыте в среднем за 3 года, находящимися в интервале от 120,9 до 126,8%, отличаются образцы: СН 35–13, СН 17–14, СН 54–08, СН 12–13, показавшие себя как наиболее урожайные и адаптивные (Таблица 25).

Коэффициент адаптивности на уровне 115,2-116,2% находился у образцов: СН 816–09, СН 1735–10 и СН 77–17. Превысили 100% коэффициент адаптивности сорт Пилигрим (105,1%), а также 6 сортообразцов: СН 18–13 (108,3%), Алый парус (ПР1–18) (105,9%), СН 15–13 (105,1%), СН 55–14 (104,2%), СН 138–16 (108,1%) и СН 25–11 (102,3%). Наименьший этот показатель был получен у сортообразцов СН

1022–09 (68,9%), СН 76–16 (73,3%) и СН 10–16 (78,4%), что на 17,9 и 8,4% меньше, чем у стандарта.

Таблица 25 – Коэффициент адаптивности люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, образец	Коэффициент адаптивности, %	± к стандарту	Сорт, образец	Коэффициент адаптивности, %	± к стандарту
Мичуринский, st	86,8	–	СН 55–14	104,2	+17,4
Пилигрим	105,1	+18,3	СН 71–16	91,4	+4,6
Дега	89,8	+3,0	СН 816–09	115,2	+28,4
Тимирязевский	97,7	+10,9	СН 12–13	126,8	+40,0
СН 76–16	73,3	–13,5	СН 1735–10	115,3	+28,5
СН 1022–09	68,9	–17,9	СН 54–08	124,0	+37,2
СН 1397–10	97,9	+11,1	СН 20–13	91,2	+4,4
СН 51–11	91,2	+4,4	СН 35–13	120,9	+34,1
СН 8–12	95,8	+9,0	СН 138–16	108,1	+21,3
СН 15–15	89,6	+2,8	СН 77–17	116,2	+29,4
СН 39–15	83,7	–3,1	СН 10–16	78,4	–8,4
СН 40–15	89,6	+2,8	Алый парус (ПР1–18)	105,9	+19,1
СН 78–16	98,8	+12,0	СН 25–11	102,3	+15,5
СН 18–13	108,3	+21,5	СН 2–17	96,0	+9,2
СН 15–13	105,1	+18,3	СН 17–14	123,3	+36,5

Согласно методике А.А. Грязнова (1996), важной характеристикой сортов в регионах с изменяющимися климатическими условиями является величина показателя их экологической пластичности, представляющая собой способность сортов формировать высокую и стабильную урожайность в различных метеорологических условиях среды. Если сорт имеет индекс выше 1, то он характеризуется как пластичный, а значит, он подходит для возделывания в конкретных условиях региона. В связи с этим нами была дана оценка сортам и образцам люпина белого по вышеотмеченному показателю на основе такой величины, как индекс экологической пластичности (ИЭП). Проведенные расчеты показали, что в нашем опыте наиболее пластичными являются сорт Пилигрим (1,05) и 9 образцов: СН 18–13 (1,08); СН 55–14 (1,04); СН 816–09 (1,15); СН 12–13

(1,27); СН 1735–10 (1,15); СН 54–08 (1,24); СН 35–13 (1,21); СН 138–16 (1,08) и СН 77–17 (1,16) (Таблица 26).

Низкий индекс экологической пластичности получен у стандартного сорта Мичуринский (0,87) и 4 образцов: СН 76–16 (0,73); СН 1022–09 (0,69); СН 39–15 (0,84) и СН 10–16 (0,78). Остальные сорта и сортообразцы также не превысили ИЭП выше 1 и были менее пластичны к складывающимся в течение вегетации метеорологическим условиям региона.

Таблица 26 – Индекс экологической пластичности сортов и сортообразцов люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, сортообразец	Индекс экологической пластичности	Сорт, сортообразец	Индекс экологической пластичности
Мичуринский, st	0,87	СН 55–14	1,04
Пилигрим	1,05	СН 71–16	0,91
Дега	0,90	СН 816–09	1,15
Тимирязевский	0,98	СН 12–13	1,27
СН 76–16	0,73	СН 1735–10	1,15
СН 1022–09	0,69	СН 54–08	1,24
СН 1397–10	0,98	СН 20–13	0,91
СН 51–11	0,91	СН 35–13	1,21
СН 8–12	0,96	СН 138–16	1,08
СН 15–15	0,90	СН 77–17	1,16
СН 39–15	0,84	СН 10–16	0,78
СН 40–15	0,90	Алый парус (ПРІ–18)	1,06
СН 78–16	0,99	СН 25–11	1,02
СН 18–13	1,08	СН 2–17	0,96
СН 15–13	1,05	СН 17–14	1,23

По мнению многих исследователей, оценка генотипов лишь одним методом недостаточна, для полной их характеристики [42; 87; 122].

Не менее важным показателем оценки сортов и образцов, люпина белого также является стрессоустойчивость, которую определяют по разности между минимальным и максимальным значениями урожайности. Чем меньше разрыв

между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей в данных условиях вегетации растений [18].

В результате проведенных исследований установлено, что высокой стрессоустойчивостью ($Y_{\min} - Y_{\max} = -14 - -29$) характеризовались сорта Дега – -4,0; Тимирязевский – -20,0; Пилигрим – -29,0 и сортообразцы СН 71–16 – -19,0 и СН 76–16 – -26,0, при лимитах урожайности сортов 298-368 г/м² и образцов 234–321 г/м². Наименьшей стрессоустойчивостью в опыте отличались 7 образцов: СН 55–14 – -112,0; СН 78–16 – -123,0; СН 1735–10 – -123,0; СН 816–09 – -116,0; СН 12–13 – -154,0; СН 54–08 – -169,0 и СН 20–13 – -191,0, у которых значения этого показателя варьировали от -112 до -191 при -42 у стандарта, при лимитах их урожайности: СН 55–14 – 311-423 г/м²; СН 78–16 – 291-414 г/м²; СН 1735–10 – 343-466 г/м²; СН 816–09 – 346-462 г/м²; СН 12–13 – 370-524 г/м²; СН 54–08 – 357-526 г/м² и СН 20–13 – 246-437 г/м² (Таблица 27).

Оценку устойчивости к стрессу важно дополнить показателем компенсаторной способности, который отражает степень соответствия факторов внешней среды генотипу конкретного сорта. В условиях Центрально-Черноземного региона высокой компенсаторной способностью отличались сортообразцы СН 12–13 – 447,0; СН 54–08 – 441,5; СН 17–14 – 424,0; СН 35–13 – 412,5; СН 816–09 – 404,0; СН 1735–10 – 404,5; СН 77–17 – 402,0 ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 402,0 - 447,0$)).

Таким образом, оценка сортов и сортообразцов люпина по агробиологическим показателям показала, что в среднем за 3 года исследований наибольшие значения коэффициента адаптивности от 120,9 до 126,8% были получены у образцов: СН 35–13, СН 17–14, СН 54–08, СН 12–13. У сорта Пилигрим и образцов СН 816–09, СН 1735–10 и СН 77–17 данный коэффициент оказался несколько ниже и составил у сорта 105,1%, а у образцов 115,2; 115,3 и 116,2% соответственно.

Таблица 27 – Показатели стрессоустойчивости сортов и образцов люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, образец	Lim	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	Сорт, образец	Lim	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$
Мичуринский, st.	274-316	-42,0	295,0	СН 55–14	311-423	-112,0	367,0
Пилигрим	339-368	-29,0	353,5	СН 71–16	302-321	-19,0	311,5
Дега	298-312	-14,0	305,0	СН 816–09	346-462	-116,0	404,0
Тимирязевский	320-340	-20,0	330,0	СН 12–13	370-524	-154,0	447,0
СН 76–16	234-260	-26,0	247,0	СН 1735–10	343-466	-123,0	404,5
СН 1022–09	216-254	-38,0	235,0	СН 54–08	357-526	-169,0	441,5
СН 1397–10	307-364	-57,0	335,5	СН 20–13	246-437	-191,0	341,5
СН 51–11	282-350	-68,0	316,0	СН 35–13	393-432	-39,0	412,5
СН 8–12	300-346	-46,0	323,0	СН 138–16	342-386	-44,0	364,0
СН 15–15	270-358	-88,0	314,0	СН 77–17	353-451	-98,0	402,0
СН 39–15	265-302	-37,0	283,5	СН 10–16	244-296	-52,0	270,0
СН 40–15	269-360	-91,0	314,5	Алый парус (ПР1–18)	327-420	-93,0	373,5
СН 78–16	291-414	-123,0	352,5	СН 25–11	313-392	-79,0	352,5
СН 18–13	327-430	-103,0	378,5	СН 2–17	307-339	-32,0	323,0
СН 15–13	324-402	-78,0	363,0	СН 17–14	375-473	-98,0	424,0

Примечание: Lim – лимиты урожайности, г/м²; $Y_{\min} - Y_{\max}$ – показатель стрессоустойчивости сорта; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – компенсаторная способность (по А. А. Rossielle и J. Hemblin, 1981)

В нашем опыте наиболее экологически пластичными являются сорт Пилигрим – 1,05 и 9 образцов: СН 18–13, СН 55–14, СН 816–09, СН 12–13, СН 1735–10, СН 54–08, СН 35–13, СН 138–16 и СН 77–17 с индексом экологической пластичности от 1,04 до 1,27.

Высокой стрессоустойчивостью и более широким диапазоном приспособительных возможностей отличались сорта Дега, Тимирязевский, Пилигрим и образцы СН 71–16 и СН 76–167, у которых значения этого показателя варьировали от -14 до -29 при -42 у стандарта. По компенсаторной способности большинство сортов и образцов превысили стандарт.

4.5. Биоэнергетическая оценка сортов и сортообразцов люпина белого

По мнению ученых, более объективным вариантом оценки агротехнических решений в земледелии является расчет биоэнергетической эффективности, поскольку последняя, в отличие от экономической, не зависит от ценовой конъюнктуры рынка [149].

В наших исследованиях оценка биоэнергетической эффективности сортов и сортообразцов показала, что в условиях Центрально-Черноземного региона возделываемые сортообразцы люпина белого имели высокие показатели, которые обеспечили образцы: СН 12–13; СН 17–14; СН 54–08; СН 35–13; СН 77–17; СН 816–09 и СН 1735–10, с выходом обменной энергии от 5,70 до 6,16 МДж/м². Среди сортов следует выделить сорт Пилигрим, у которого этот показатель равен 5,16 МДж/м² (Таблица 28).

Затраты совокупной энергии не имели значительных различий и завесели от урожайности семян их доработки и варьировали от 2,04 до 2,57 МДж/м².

Наибольший чистый энергетический доход обеспечили сортообразцы СН 816–09, СН 12–13, СН 1735–10, СН 54–08, СН 35–13, СН 77–17 и СН 17–14, который составил 3,18-3,73 МДж/м². Тогда как у сортов Мичуринский – 2,12 МДж/м², Пилигрим – 2,65 МДж/м², Дега – 1,95 МДж/м², Тимирязевский – 2,33 МДж/м².

Высокий биоэнергетический коэффициент от 2,04 до 2,46 в нашем опыте получен у сорта Пилигрим и сортообразцов СН 18–13, СН 15–13, СН 55–14, СН 816–09, СН 12–13, СН 1735–10, СН 54–08, СН 35–13, СН 138–16, СН 77–17, Алый парус (ПР1–18), СН 25–11, что свидетельствует о более эффективном использовании энергии при тех же затратах на создание единицы продукции.

Наименее эффективными оказались сортообразцы СН 76–16, СН 1022–09 у которых биоэнергетический коэффициент составил лишь 1,51 и 1,42.

Таблица 28 – Биоэнергетическая эффективность возделывания сортов и сортообразцов люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, сортообразец	Выход обменной энергии, МДж/м ²	Затраты совокупной энергии, МДж/м ²	Чистый энергетический доход, МДж/м ²	Биоэнергетический коэффициент посева
Мичуринский, st	4,26	2,14	2,12	1,99
Пилигрим	5,16	2,51	2,65	2,05
Дега	4,39	2,44	1,95	1,80
Тимирязевский	4,80	2,47	2,33	1,94
СН 76–16	3,61	2,39	1,22	1,51
СН 1022–09	3,39	2,38	1,01	1,42
СН 1397–10	4,83	2,49	2,34	1,94
СН 51–11	4,51	2,45	2,06	1,84
СН 8–12	4,68	2,46	2,23	1,91
СН 15–15	4,44	2,43	2,00	1,82
СН 39–15	4,12	2,41	1,71	1,71
СН 40–15	4,44	2,45	1,99	1,81
СН 78–16	4,90	2,48	2,43	1,98
СН 18–13	5,37	2,52	2,84	2,13
СН 15–13	5,19	2,48	2,71	2,09
СН 55–14	5,16	2,51	2,66	2,06
СН 71–16	4,48	2,44	2,04	1,83
СН 816–09	5,70	2,52	3,18	2,26
СН 12–13	6,29	2,56	3,73	2,46
СН 1735–10	5,71	2,55	3,17	2,24
СН 54–08	6,16	2,55	3,61	2,42
СН 20–13	4,57	2,45	2,11	1,86
СН 35–13	5,92	2,54	3,38	2,33
СН 138–16	5,32	2,50	2,83	2,13
СН 77–17	5,74	2,52	3,23	2,28
СН 10–16	3,87	2,04	1,83	1,90
Алый парус (ПР1–18)	5,23	2,49	2,75	2,10
СН 25–11	5,05	2,48	2,57	2,04
СН 2–17	4,71	2,46	2,25	1,92
СН 17–14	6,09	2,57	3,52	2,37

Таким образом, биоэнергетический расчет эффективности, проведенный в засушливых условиях региона, позволил оценить и рекомендовать к возделыванию на черноземе типичном все изучаемые сорта: Мичуринский, Пилигрим, Дега,

Тимирязевский и сортообразцы люпина белого, за исключением сортообразцов СН 76–16, СН 1022–09 и СН 39–15.

Нашими исследованиями из коллекции люпина белого выделены сорта и образцы с наибольшей семенной продуктивностью, устойчивые к засушливым условиям региона, малоалкалоидные и с высоким содержанием протеина.

Самой высокой урожайностью семян отличаются сорта люпина белого Пилигрим – 356 г/м² и Тимирязевский – 331 г/м², сортообразцы: СН 12–13 – 434 г/м², СН 54–08 – 425 г/м², СН 35–13 – 408 г/м². Выделены сортообразцы люпина белого с высоким коэффициентом адаптивности: СН 12–13 – 126,8%, СН 54–08 – 124,0%, СН 17–14 – 123,3%, СН 35–13 – 120,9%, которые толерантны к засушливым условиям региона.

Установлены сорта и сортообразцы люпина белого, обладающие высоким индексом экологической пластичности (ИЭП), выше 1: сорт Пилигрим – 1,05 и образцы: СН 18–13 – 1,08, СН 55–14 – 1,04, СН 816–09 – 1,15, СН 12–13 – 1,27, СН 1735–10 – 1,15, СН 54–08 – 1,24, СН 35–13 – 1,21, СН 138–16 – 1,08 и СН 77–17 – 1,16.

Высокую стрессоустойчивостью имели сорта люпина белого Дега – -14,0, Тимирязевский – -20,0, Пилигрим – -29,0 и сортообразцы СН 71–16 – -19,0 и СН 76–16 – -26,0.

Определены образцы с высоким содержанием сырого протеина: СН 2–17 – 36,45%, СН 39–15 – 36,17%, СН 1022–09 – 36,14% и СН 15–15 – 36,09%, также сорт селекции ВНИИ люпина Пилигрим – 35,75%.

Выделены образцы люпина белого с повышенным содержанием жира: СН 18–13 – 11,54%, СН 12–13 – 11,35%, СН 138–16 – 11,23%, СН 15–15 – 11,21%, СН 25–11 – 11,20% и СН 816–09 – 11,19%.

Наиболее ценными сортообразцами по комплексу хозяйственно полезных признаков, таких как урожайность семян, адаптивность, экологическая пластичность и содержание жира, оказались образцы СН 12–13, СН 35–13 и СН 54–08, которые имеют большой биологический и экологический потенциал.

4.6. Оценка основных агробиологических показателей сортов люпина белого для региональной технологии возделывания

В условиях Центрально-Черноземного региона кормовой люпин является одной из резервных и перспективных зерновых бобовых культур с высокой урожайностью, богатой белком и незаменимыми аминокислотами. Обобщение результатов предшествующих авторов и наших многолетних исследований с культурой люпина белого установило, что для успешного ведения современного и эффективного сельскохозяйственного производства необходимо дальнейшее совершенствование технологии возделывания, а подбор адаптивных, высокопродуктивных сортов является одним из радикальных, основополагающих технологических приемов формирования продуктивности посева. В связи с этим наиболее важное место в агротехнологии люпина белого занимает выбор сорта и применение минеральных удобрений с учетом почвенно-климатических условий региона.

Поэтому исследования по оценке сортов люпина были продолжены и в условиях 2022-2023 годов, которые не значительно отличались от предыдущих для возделывания люпина белого.

Установлено, что на результаты исследований наибольшее влияние оказывали сортовые особенности, а не метеорологические условия. В 2022 году была отмечена наименьшая урожайность, на 5% ниже, чем в 2023 году, что связано с меньшим поступлением атмосферных осадков во время вегетации люпина. Тем не менее, это позволило установить, что все сорта достоверно превысили стандартный сорт Мичуринский с урожайностью 277,0 г/м², Дега на 35,0 г/м², Тимирязевский – 66,0 г/м² и Пилигрим – 84,0 г/м². Самую высокую урожайность семян обеспечил новый сорт люпина белого Пилигрим – 361,0 г/м². (Таблица 29).

По климатическим условиям 2023 год был более благоприятным для возделывания люпина, сумма атмосферных осадков приближалась к средней многолетней и составила 262,7 мм, сорта обладали высокой урожайностью,

превысив контрольный сорт Мичуринский, у которого она составила 293 г/м², тогда как у сортов Дега 332 г/м², Тимирязевский – 359 г/м², что достоверно на 39,0 г/м² и 66,0 г/м² выше контроля. Самая высокая урожайность семян отмечена на новом сорте Пилигрим – 370 г/м², что на 77,0 г/м² выше контроля, а также на 38,0 и 11,0 г/м² выше сортов Дега и Тимирязевский.

Таблица 29 – Урожайность семян сортов люпина белого, г/м² (2022-2023 гг.)

Сорт	Годы		Средняя	± к контролю	
	2022	2023		г/га	%
Мичуринский, st.	277,0	293,0	285,0	–	–
Дега	312,0	332,0	322,0	+37,0	13,0
Тимирязевский	343,0	359,0	351,0	+66,0	23,2
Пилигрим	361,0	370,0	365,5	+80,5	28,3
НСР ₀₅	15,8	12,9	–	–	–

Полученным данным свидетельствуют, что в среднем за два года все сорта, в том числе и сорт Мичуринский, имели высокую урожайность семян. Самую высокую урожайность семян обеспечил сорт Пилигрим – 365,5 г/м², что на 85,5 г/м² или 28,3% выше контрольного сорта Мичуринский. Менее урожайными оказались сорта Тимирязевский – 351 г/м², что на 66,0 г/м² или 23,2% выше контроля, и сорт Дега – 322,0 г/м², что на 37,0 г/м² или 13,0% выше контроля. Урожайность контрольного сорта Мичуринский также была достаточно высокой и составила 285,0 г/м².

Таким образом, с учетом полученной урожайности семян в засушливых условиях региона на черноземе типичном все сорта люпина белого Мичуринский, Дега, Тимирязевский и Пилигрим по эффективности пригодны для региональной технологии возделывания в современных сельскохозяйственных предприятиях.

Нами также были определены параметры адаптивной способности сортов люпина белого. Установлено, что наибольший коэффициент адаптивности в опыте в среднем за годы исследований имели наиболее урожайные сорта Тимирязевский – 106,0% и Пилигрим – 110,4% показавшие себя как наиболее урожайные.

Меньшим коэффициентом адаптивности обладали сорта Дега – 97,3% и Мичуринский – 86,1% (Таблица 30).

Таблица 30 – Параметры адаптивной способности сортов люпина белого, 2022-2023 гг.

Сорт	Урожайность семян, т/га			К.А., %	ИЭП	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$
	Lim. т	x_i , т	отн. к st., %				
Мичуринский, st	277-293	285,0	100	86,1	0,86	-16,0	285,0
Дега	312-332	322,0	113,0	97,3	0,97	-20,0	322,0
Тимирязевский	343-359	351,0	123,2	106,0	1,06	-16,0	351,0
Пилигрим	361-370	365,5	128,2	110,4	1,10	-9,0	365,5

Примечание: Lim. – лимиты; x_i – среднее значение показателя; st. – стандартный сорт; К.А. – коэффициент адаптивности (по Л. А. Животковой); $Y_{\min} - Y_{\max}$ – показатель стрессоустойчивости; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – компенсаторная способность (по А. А. Rossielle и J. Nemblin); ИЭП – индекс экологической пластичности (по А. А. Грязнову).

Также была проведена оценка индекса экологической пластичности сортов, позволившая оценить пластичность сортов люпина белого в климатических условиях региона. Установлено, что наиболее пластичными оказались сорта Пилигрим – 1,10 и Тимирязевский – 1,06. Показатель индекса экологической пластичности в климатических условиях региона был ниже у сортов Мичуринский – 0,86 и Дега – 0,97.

Оценка стрессоустойчивости сортов люпина белого показала, что наименьший разрыв между максимальной и минимальной урожайностями обеспечили сорта Мичуринский, Тимирязевский и Пилигрим -16,0, -16,0 и -9,0. Менее устойчивыми к стрессовым условиям региона оказались сорта Дега -20,0 соответственно. Дополнительно была проведена компенсаторная способность для полной оценки степени соответствия генотипа сорта к факторам среды. В условиях региона высокой компенсаторной способностью отличались сорта Тимирязевский и Пилигрим 351,0 и 365,5 соответственно. Меньшей компенсаторной способностью обладали сорта Дега – 322,0 и Мичуринский – 285,0.

Для более объективной оценки сортов люпина белого была определена биоэнергетическая эффективность, которая не зависит от экономической обстановки на рынке. Анализ полученных данных показывает, что в условиях региона биоэнергетическая эффективность возделывания сортов люпина белого имела высокие показатели. Так, сорт Пилигрим обеспечил выход обменной энергии 5,30 МДж/м², что на 1,17 МДж/м² выше стандарта. У сортов Дега и Тимирязевский этот показатель составил 5,09 и 4,67 МДж/м², что на 0,96 и 0,54 МДж/м² выше стандарта сорта Мичуринский (Таблица 31).

Таблица 31 – Биоэнергетическая эффективность сортов люпина белого, 2022-2023 гг.

Сорт	Выход обменной энергии, МДж/м ²	Затраты совокупной энергии, МДж/м ²	Чистый энергетический доход, МДж/м ²	Биоэнергетический коэффициент посева
Мичуринский, st.	4,13	2,14	1,99	1,93
Дега	4,67	2,44	2,23	1,91
Тимирязевский	5,09	2,47	2,62	2,06
Пилигрим	5,30	2,51	2,79	2,11

Все изучаемые сорта люпина белого имели высокий биоэнергетический коэффициент посева, который составил у стандартного сорта Мичуринский – 1,93, Дега – 1,91 и сортов Тимирязевский и Пилигрим – 2,06 и 2,11 соответственно.

Таким образом, в результате проведенного опыта наибольшая достоверная урожайность была получена у нового сорта Пилигрим – 365,5 г/м², что на 80,5 г/м² выше стандартного сорта Мичуринский, а также на 43,5 и 14,5 г/м² больше, чем у сортов Дега и Тимирязевский. Также данный сорт в годы исследований обеспечил высокую адаптивность, стрессоустойчивость и индекс экологической пластичности. При этом он обладал высокой биоэнергетической эффективностью, выходом обменной энергии 5,30 МДж/м² и биоэнергетическим коэффициентом 2,11. Сорт Тимирязевский также обладал большим

коэффициентом адаптивности – 106,0% и стрессоустойчивости – 16,0, чем сорт Дега. Сорта Мичуринский, Дега и Тимирязевский, так же, как и сорт Пилигрим, обладали высокой биоэнергетической эффективностью. Следует также отметить, что наряду с подобранными технологичными сортами люпина белого для реализации их генетического потенциала необходимо применение и других технологических приемов, в частности минеральных макро- и микроудобрений.

С учетом ранее проведенных исследований по совершенствованию технологических приемов возделывания люпина белого и оптимизации минерального питания растений, нами для раннеспелого сорта Дега в почвенно-климатических условиях региона усовершенствована адаптивная технология, представленная в виде технологической схемы (Приложение А).

Производственное испытание в условиях ООО «Грайворон-Агроинвест» Грайворонского района Белгородской области в 2021 году было проведено на площади 15 га по внедрению лучших вариантов на сорте Дега люпина белого с нормой высева 1,3 млн шт./га всхожих семян. Предпосевная обработка семян проводилась микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т с листовой подкормкой микроэлементами «Аквамикс-ТВ» из расчета 150 г/га в сочетании с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) 3 кг/га в фазе бутонизации растений. Это обеспечило получение высокой урожайности семян 3,24 т/га при базовой 2,91 т/га, что дало прибавку 0,33 т/га. Акт внедрения результатов исследований подписан и утвержден генеральным директором и главным агрономом сельскохозяйственного предприятия (Приложение Б).

Производственное испытание технологических приемов возделывания люпина белого сорта Дега также проводилось в ИП глава КФХ Драп И.И., Болховский район, Орловская область в 2022 году и подтвердило предыдущие наши исследования. При посеве с нормой высева 1,3 млн шт./га всхожих семян на площади 25 га, с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т, с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» 150 г/га в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) 3 кг/га в фазе бутонизации растений, была получена урожайность семян

2,81 т/га при базовой урожайности 2,39 т/га, что составило прибавку 0,42 т/га. Акт внедрения результатов исследований подписан и утвержден главой ИП КФХ и главным агрономом хозяйства (Приложение В).

Как показали наши полевые опыты, для возделывания семян люпина белого в условиях региона использование раннеспелого сорта Дега с такими элементами возделывания, как предпосевная обработка семян «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т, с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» 150 г/га в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) 3 кг/га в фазе бутонизации растений, обеспечивает в почвенно-климатических условиях региона урожайность семян более 3,20 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение минеральных макро- и микроудобрений обеспечило оптимальную полевую всхожесть семян и выживаемость растений, которые находились на оптимальном уровне 77,7-88,6% и 74,4-86,3% соответственно.

Продолжительность вегетационного периода всходы-созревания за годы исследований по вариантам опыта составила 89-92 суток. Применение листовых подкормок макро- и микроудобрениями и их сочетаний ускорило период вегетации растений на 1-3 суток по сравнению с контролем.

2. В засушливых условиях региона минеральные макро- и микроудобрения положительно влияли на линейный рост и накопление массы сухого вещества растений на протяжении всей вегетации люпина белого. В фазе образования бобов наибольшую высоту растений и массу воздушно - сухого вещества обеспечила предпосевная обработка семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазе бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4). Высота растений на данных вариантах составила 54,1 и 54,3 см, при массе воздушно - сухого вещества 26,0 и 25,8 г, что на 8,3 и 8,5 см или 4,5 и 4,8 г выше контроля и других вариантов с удобрениями.

3. Наибольшую площадь ассимиляционной поверхности в течении всей вегетации растений обеспечили микроудобрения с обработкой семян «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой растений в фазе бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4). В фазе образования бобов площадь листовой поверхности составила 28,7 и 28,3 тыс. $m^2/га$, что на 6,6 и 6,2 тыс. $m^2/га$ выше контроля. При этом фотосинтетический потенциал посевов люпина белого составил 1689,5 и 1694,9 тыс. $m^2 \times$ суток/га, а чистая продуктивность посева 4,2 и 4,3 $г/м^2 \times$ суток, что на 303,7 и 309,1 тыс. $m^2 \times$ суток/га или 0,7 и 0,8 $г/м^2 \times$ суток выше, чем на контроле и других вариантах с удобрениями.

4. Использование минеральных макро- и микроудобрений на черноземе типичном в засушливых условиях оказывало положительное влияние на симбиотический аппарат люпина белого. Наибольшее число и масса активных клубеньков была получено в фазе образования бобов при обработке семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазе бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) – 24,7 шт. и 116,4 мг или монофосфатом калия (KH_2PO_4) – 24,0 шт. и 116,1 г, что достоверно выше на 3,9-4,6 мг и 12,3-12,6 шт., чем на контроле и других вариантах опыта.

5. Доказана эффективность применения хелатных форм микроудобрений «Аквамикс-Т» при обработке семян и «Аквамикс-ТВ» листовой подкормке в фазу бутонизации растений в сочетании с макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4), что способствовало получению высокой урожайности семян 3,47 и 3,42 т/га, прибавка составила 0,60 и 0,55 т/га или 20,8 и 19,0%, что достоверно выше по сравнению с контролем. Высокая урожайность семян также была получена при листовой подкормке растений микроэлементным комплексом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием (K_2SO_4) и монофосфатом калия (KH_2PO_4) – 3,36 и 3,32 т/га. Данные приемы оказывали наиболее выраженное положительное действие и на основные элементы структуры урожая белого люпина.

6. Биохимическим анализом установлено, что наибольшее содержание сырого протеина в семенах люпина 35,7-36,0% обеспечила предпосевная обработка семян микроэлементом «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазу бутонизации микроэлементом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроэлементами: сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4), тогда как на варианте без удобрений его содержание составило лишь 32,8%.

7. Содержание сырого жира в семенах было достаточно высоким 10,0-10,6% для культуры люпина белого и мало отличалось как по годам исследований, так и изучаемым приемам возделывания. Содержание алкалоидов в семенах люпина

белого изменялось по вариантам от 0,055 до 0,114%, что соответствовало (ГОСТу 54632-2011) 1 и 2 классу качества кормового люпина.

8. Максимальные показатели эффективности возделывания люпина белого получены при предпосевной обработке семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4). Условно чистый доход при этом составил – 31,8 и 30,8 тыс. руб./га, уровень рентабельности - 89,2 и 86,2%, при низкой себестоимости 10,3-10,5 тыс. рублей. Биоэнергетический коэффициент посева в опыте был достаточно высоким и варьировал от 2,40 до 2,83 единиц.

9. В среднем за годы исследований, в условиях повышенной температуры, неравномерном и ограниченном поступлении осадков, продолжительность вегетационного периода у сортов варьировала от 95 до 105 суток, сортообращов от 90 до 112 суток. Наибольшей скороспелостью 95-97 суток отличились сорта Дега, Мичуринский, Пилигрим и 90-98 суток – 19 сортообразцов люпина белого.

10. По урожайности семян выделены сортообразцы: СН 12–13 – 434 г/м², СН 54–08 – 425 г/м², СН 35–13 – 408 г/м² и сорта Пилигрим – 356 г/м², Тимирязевский – 331 г/м² и Дега – 302 331 г/м². При более благоприятных условиях вегетации повышали урожайность семян сорта Пилигрим до 366 г/м², Тимирязевский 351 г/м², Дега 322 г/м² и Мичуринский 285 г/м².

11. Определены образцы с высоким содержанием сырого протеина СН 2–17 – 36,45%, СН 39–15 – 36,17%, СН 1022–09 – 36,14%, СН 15–15 – 36,09% и сорт селекции ВНИИ люпина Пилигрим – 35,75%. Образцы с повышенным содержанием жира СН–18–13 – 11,54%, СН 13–13 – 11,35%, СН 138–16 – 11,23%, СН 15–15 – 11,21%, СН 25–11 – 11,20% и СН 816–09 – 11,19%.

12. Выделены сортообразцы с высоким коэффициентом адаптивности СН 12–13 – 126,8%, СН 54–08 – 124,0%, СН 17–14 – 123,3%, СН 35–13 – 120,9%, которые толерантны к засушливым условиям региона. Установлены наиболее ценные сортообразцы по комплексу хозяйственных признаков урожайности,

адаптивности, экологической пластичности, стрессоустойчивости и качеству семян: СН 12–13, СН 35–13, СН 54–08, СН 17–14, СН 15–15.

13. Высокую биоэнергетическую эффективность в условиях региона имели все сорта и сортообразцы люпина белого, так как биоэнергетический коэффициент посева составил 1,42-2,46 единиц. По показателям биоэнергетической эффективности среди сортов следует выделить сорт Пилигрим и сортообразцы: СН 12–13; СН 17–14; СН 54–08; СН 35–13; СН 77–17; СН 816–09 и СН 1735–10, у которых биоэнергетический коэффициент варьировал от 2,24 до 2,46 единиц.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях Центрально-Черноземного региона на черноземе типичном рекомендуем для повышения урожайности и качества семян люпина белого применять предпосевную обработку семян микроэлементным комплексом «Аквამикс-Т» из расчета 300 г/т с листовой подкормкой растений микроэлементом «Аквамикс-ТВ» 150 г/га в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием (K_2SO_4) или монофосфатом калия (KH_2PO_4) 3 кг/га в фазе бутонизации растений. При данных приемах возможно получить урожайность семян люпина белого 3,26-3,66 т/га с содержанием сырого протеина в семенах 32,3-39,1% и обеспечить высокую экономическую и биоэнергетическую эффективность возделывания.

2. Предприятиям региона для повышения урожайности и качества семян рекомендуем в качестве агротехнического приема в региональной технологии применять сорта люпина белого Пилигрим, Тимирязевский, Дега и Мичуринский, которые обеспечивают высокую продуктивность и биоэнергетическую эффективность возделывания.

Наиболее ценные сортообразцы по комплексу хозяйственных признаков: урожайности, адаптивности, экологической пластичности, стрессоустойчивости и качеству семян СН 12–13, СН 35–13, СН 54–08, СН 17–14, СН 15–15 передать для оценки в Государственную комиссию по испытанию и охране селекционных достижений.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение новых минеральных макро- и микроудобрений в сочетании с регуляторами роста, направленных на активизацию фотосинтетического и симбиотического аппаратов растений, повышение урожайности и качества семян люпина белого при использовании как на кормовые, так и продовольственные цели. Для эффективного использования природных ресурсов в программу исследований также следует включить изучение на культуре люпин нетрадиционных органических удобрений, соломы зерновых культур и сидератов капустных растений. Следует продолжить оценку новых сортов и селекционных образцов люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агаркова, С. Н. Продуктивность люпина узколистного в связи с морфологической структурой и фотосинтетической деятельностью / С. Н. Агаркова, А. Д. Задорин, Л. И. Чернова // Биологический и экономический потенциал люпина и пути его реализации: Тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 1997. – С. 18–19.
2. Агеева, П. А. Селекция узколистного люпина / П. А. Агеева, Б. С. Лихачев, Н. С. Борисова // Кормопроизводство. – 1997. – № 5–6. – С. 44–48.
3. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства : учебное пособие / Г. И. Баздырев, А. Ф. Сафонов, Ю. М. Андреев [и др.] ; под ред. Г. И. Баздырева. – Москва : ИНФРА–М, 2019. – 725 с.
4. Агрохимия : учебник / М. А. Габибов, Д. В. Виноградов, Н. В. Бышов, Г. Н. Фадькин. – Рязань : РГАТУ, 2020. – 404 с.
5. Агрохимия: учебное пособие / М. Б. Субота, Л. С. Богданова, А. Н. Партолина, В. В. Часовская. – Санкт–Петербург : СПбГЛТУ, 2017. – 60 с.
6. Азотфиксирующая способность люпина узколистного в одновидовом и смешанном посевах в зависимости от норм высева и удобрений в центре нечерноземной зоны России / В. В. Конончук, С. М. Тимошенко, В. Д. Штырхунов [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2(34). – С. 49–58.
7. Алдошин, Н. В. Совершенствование посева белого люпина / Н. В. Алдошин, С. П. Присяжная, Т. А. Илюхина // Белый люпин. – 2014. – № 1. – С. 22–25.
8. Амбросов, А. Л. Вирусные болезни люпина и меры борьбы с ними / А. Л. Амбросов, Ю. И. Власов, Т. Е. Полякова, А. С. Якушева. – Мн.: Ураджай, 1985. – 78 с.
9. Амелин, А. В. Методические указания по самостоятельному изучению дисциплины "Селекция и семеноводство полевых культур" студентов заочного обучения сельскохозяйственных вузов по направлению подготовки 110201.65 –

Агрономия : методические указания / А. В. Амелин. – Орел : ОрелГАУ, 2014. – 31 с.

10. Анспок, П. И. Микроудобрения [Текст] : Справ. кн. / П. И. Анспок, – Ленинград : Колос. Ленингр. отделение, 1978. – 272 с.

11. Аристархов, А. Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах / А. Н. Аристархов. – М.: ЦИНАО, 2000. – 522 с.

12. Артюхов, А. И. Рекомендации по практическому применению кормов из узколистного люпина в рационах сельскохозяйственных животных: научно-практические рекомендации [Текст] / А. И. Артюхов, Е. А. Ефименко, Ф. Г. Кадыров, Т.В. Яговенко, П. А. Агеева. – Брянск, 2008. – 65 с.

13. Арькова, Ж. А. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине "Введение в апробацию на тему": "Апробация люпина" : методические указания / Ж. А. Арькова. – Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2008 – 24 с.

14. Атлас запасов продуктивной влаги в почве под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами на Европейской части СССР / Под ред. И. А. Гольцберг. – М.: ГУГК, 1987. – 76 с.

15. Афанасьев, Р. А. Актуальность технологий точного земледелия в севооборотах с белым люпином / Р. А. Афанасьев // Белый люпин. – 2014. – № 2. – С. 22–30.

16. Бадина, Г. В. Возделывание бобовых культур и погода [Текст] / Г. В. Бадина. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 128с.

17. Барабацкий, С. Люпин / Барабацкий С. – М., 1959. – 260 с.

18. Батакова, О. Б. Оценка стабильности сортов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в современных климатических условиях Архангельской области / О. Б. Батакова // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – № 3. – С. 35–47.

19. Башкатов, А. Я. Современные технологии возделывания сои : учебное пособие для вузов / А. Я. Башкатов, Ж. Н. Минченко, А. И. Стифеев. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 188 с.

20. Беденко, В. П., Методологические подходы А.А. Ничипоровича к селекции растений на продуктивность // В. П. Беденко, В.В. Коломейченко // Вопросы физиологии, селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. – Орел, 2001. – 280 с.

21. Белопухов, С. Л. Влияние биорегуляторов на динамику прорастания семян белого люпина / С. Л. Белопухов, А. С. Цыгуткин, Е. А. Гришина // Белый люпин. – 2014. – № 2. – С. 8–12.

22. Белоус, Н. М. Зернобобовые культуры и однолетние бобовые травы: биология и технологии возделывания / Н. М. Белоус, В. Е. Ториков, О. В. Мельникова. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2010. – 151 с.

23. Блинник, А. С. Оценка коллекции сортов и образцов люпина белого по адаптивности, урожайности и качеству семян / А. С. Блинник, А. Г. Демидова, М. И. Лукашевич [и др.] // Кормопроизводство. – 2022. – № 6. – С. 27–33.

24. Блинник, А. С. Влияние минеральных удобрений на формирование урожайности кормового люпина / А. С. Блинник, О. Ю. Артемова // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 30–31.

25. Блинник, А. С. Сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина в центрально-черноземном регионе / А. С. Блинник, А. Г. Демидова, М. И. Лукашевич [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3(43). – С. 41–49.

26. Булавин, Л. А., Эффективность агротехнических и химических мер борьбы с сорняками в посевах узколистного люпина / Л. А. Булавин, Д. Е. Хохлова и др. / Проблемы сорной растительности и методы борьбы с ней: матер. Межд. Науч. – практ. Конф. – Горки. – 2004. – С. 21–23.

27. Булавин, Л.А. О послевсходовом применении гербицида в пассивах у люпина узколистного / Л. А. Булавин, Н. С. Купцов и др. // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – №2. – С. 31–35.

28. Васин, В. Г. Растениеводство : учебное пособие / В. Г. Васин, А. В. Васин, Н. Н. Ельчанинова. – Самара : СамГАУ, 2009. – 528 с.

29. Вишнякова, М. А. Алкалоиды люпина узколистного как фактор, определяющий альтернативные пути использования и селекции культуры / М. А. Вишнякова, А. В. Кушнарера, Т. В. Шеленга, Г. П. Егорова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24. – № 6. – С. 625–635.

30. Влияние гербицидной защиты, макро- и микроудобрений на азотфиксацию и зерновую продуктивность узколистного люпина при разных погодных условиях в центре Нечерноземной зоны РФ / В. В. Конончук, С. М. Тимошенко, В. Д. Штырхунов [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1(45). – С. 67–76.

31. Влияние минеральных удобрений на урожайность люпина белого в лесостепи ЦЧР / В. Н. Наумкин, О. Ю. Куренская, А. И. Артюхов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 6. – С. 60–62.

32. Влияние стимуляторов роста нового поколения на урожайность, структуру урожая и качество зерна люпина белого / Г. Л. Яговенко, Т. В. Яговенко, С. А. Пигарева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 76–89.

33. Влияние удобрений на урожайность и качество продукции люпина узколистного в чистом и смешанном посеве при разных нормах высева в Центре Нечерноземной зоны России / В. В. Конончук, Г. В. Благовещенский, В. Д. Штырхунов [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1(33). – С. 63–71.

34. Влияние элементов агротехники на урожай зернобобовых культур / С. И. Смуров, О. В. Григоров, Н. В. Шелухина // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 5 (84). – С. 17–18.

35. Влияние элементов технологии возделывания люпино-злаковых смесей на азотфиксирующую способность и продуктивность в зависимости от метеорологических условий в Центральном Нечерноземье / В. В. Конончук, Д. Н. Никиточкин, С. М. Тимошенко [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3(39). – С. 107–118.

36. Вотановская, Н. А. Влияние экструдирования и ферментной обработки семян люпина на изменение содержания в них протеина и хинолизидиновых алкалоидов / Н. А. Вотановская, Г. М. Шулаев, Р. К. Милушев, А. М. Пучнин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2017. – № 2. – С. 426–429.

37. Гапонов, Н.В. Значение люпина в продовольственной безопасности страны / Н. В. Гапонов // Инновации и продовольственная безопасность. – 2020. – № 4. – С. 101–107.

38. Гасимова, Г.А. Полноценный растительный белок как средство повышения продуктивности сельскохозяйственных животных / Г.А. Гасимова, И.А. Дегтярева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2016. – № 226. – С. 199–202.

39. Гатаулина, Г. Г. За белым люпином будущее / Г. Г. Гатаулина // Белый люпин. – 2014. – № 1. С. 2–6.

40. Гатаулина, Г. Г. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая : монография / Г.Г. Гатаулина, С.С. Никитина. – Москва : ИНФРА–М, 2022. – 242 с.

41. Гатаулина, Г. Г. Растениеводство : учебник / Г.Г. Гатаулина, П.Д. Бугаев, В.Е. Долгодворов ; под ред. Г.Г. Гатаулиной. – Москва : ИНФРА–М, 2019. – 608 с.

42. Гатаулина, Г. Г. Рост, развитие, урожайность и кормовая ценность сортов белого люпина (*Lupinus Albus L.*) селекции РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева /

Г. Г. Гатаулина, Н. В. Медведева, А. Л. Штеле, А. С. Цыгуткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 6. – С. 12–30.

43. Гатаулина, Г. Г. Технология производства продукции растениеводства / Г. Г. Гатаулина, В. Е. Долгодворов, М. Г. Обьедков – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : КолосС, 2013. – 528 с.

44. Гатаулина, Г. Г.: Люпин поможет ликвидировать дефицит растительного белка / Г. Г. Гатаулина // Аграрная наука. – 2021. – № 9. С. 73–75.

45. Глухих, М. А. Землеустройство с основами геодезии : учебное пособие для вузов / М. А. Глухих. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 168 с.

46. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.

47. ГОСТ 13496.4–93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина // Интернет и право : [сайт]. – Режим доступа: URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9671/> (дата обращения: 14.01.2023).

48. ГОСТ Р 54632–2011 Люпин кормовой. Технические условия // Интернет и право : [сайт]. – Режим доступа: URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/53208/> (дата обращения: 12.01.2023).

49. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») [Электронный ресурс] – официальный сайт. – Режим доступа: URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8356326/> (дата обращения: 24.11.2022).

50. Григорьев, Г. Н. География Белгородской области: учебное пособие / Г.Н. Григорьев, Н.А. Козырин, Л.Л. Новых, А.Ф. Колчанов [и др.]: Под ред. Г. Н. Григорьева. – Белгород: БГУ, 1996. – 144 с.

51. Грингоф, И. Г. Основы агроклиматологии влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство: учебное пособие. // И. Г. Грингоф, А. Д. Пасечнюк– Обнинск: ФГБУ "ВНИИГМИ–МЦД", 2013 – 384 с.

52. Грязнов, А. А. Ячмень карабалыкский (корм, крупа, пиво) : монография / А. А. Грязнов. – Кустанай : Кустанайский печатный двор, 1996. – 446 с.

53. Дзанагов, С. Х. Агрохимия: учебник для вузов / С. Х. Дзанагов. – Санкт–Петербург : Лань, 2023. – 376 с.

54. Долгодворова, Л. И. Селекция полевых культур на качество : учебное пособие / Л. И. Долгодворова, В. В. Пыльнев, О. А. Буко [и др.]. – Санкт–Петербург : Лань, 2022. – 256 с.

55. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 416 с.

56. Дубинкина, Е. А. Люпин белый и люпин узколистый в условиях Тамбовской области / Е. А. Дубинкина, Н. Н. Беляев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1(25). – С. 103–106.

57. Жатова, Г. А. Влияние предпосевной обработки семян микроудобрениями на формирование элементов продуктивности люпина белого и узколистного / Г. А. Жатова, И. Н. Лаврик // Наука и мир. – 2013. – № 2(2). – С. 76–78.

58. Животкова, Л. А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» / Л. А. Животкова, З. Н. Морозова, Л. И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. С. 3–6.

59. Жизневская, Г. Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений / Г. Я. Жизневская ; [ответственный редактор Я. В. Пейве] ; Акад. наук СССР, Ин-Т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – Москва : Наука, 1972. – 334 с.

60. Жуйков, Д. В. Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго – западной части Центрально – Черноземного района России / Д. В. Жуйков // Земледелие. – 2020. – № 5. – С. 9–13.

61. Завалин, А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А. А. Завалин. – Москва, 2005. – 302 с.

62. Засорина, Э. В. Перспективы сортосмены люпина белого в Курской области / Э. В. Засорина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 9–12.

63. Зверев, С. Белый люпин – альтернатива сое / С. Зверев // Птицепром. – 2016. – № 2(31). – С. 46–48.

64. Зеленая, А. Н. Влияние микроудобрений на урожайность и качество бобово-злакового травостоя на торфяной почве / А. Н. Зеленая, А. Л. Бирюкович // Мелиорация. – Минск, 2019. – № 4 (90) – С. 45–51.

65. Инновационный путь развития АПК : сборник научных трудов / под редакцией В. Ю. Лобкова. – Ярославль : Ярославская ГСХА, 2017. – 380 с.

66. Канайкин, Владимир Романович. Изменчивость хозяйственных и биологических признаков ячменя в процессе сортосмены в условиях Среднего Поволжья [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. (534) / Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – Москва, 1972. – 17 с.

67. Капустин, Н. И. Влияние микроудобрения "Аквамикс-Т" и ризоторфина на продуктивность козлятника восточного / Н. И. Капустин, А. Н. Налиухин, А. Г. Ладухин [и др.] // Агротехнический вестник. – 2007. – № 3. – С. 14–16.

68. Кедров-Зихман, О. К. Со⁶⁰ в изучении роли кобальта как микроэлемента в питании растений. – Москва : Б. и., 1955. – 19 с.

69. Кедров-Зихман, О. К. Известкование почв и применение микроэлементов / О. К. Кедров-Зихман. – М.: Сельхозиздат. – 1957. – 431 с.

70. Кидин, В. В. Агротехника : учебное пособие / В. В. Кидин. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 351 с.

71. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии: учебное пособие / Козловская И. П., Босак В. Н. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 336 с.

72. Коломейченко, В. В. Полевые и огородные культуры России. Зернобобовые и масличные : монография / В. В. Коломейченко. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 520 с.

73. Коновалов, Ю. Б. Общая селекция растений : учебник для вузов / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 480 с.

74. Кононов, А. С. Борьба с сорняками в посевах люпина / Кононов А. С., Такунов И. П. // Кормопроизводство. – 1994. – №1. – С. 19–20.

75. Кононов, А. С. Гетерогенные посевы (экологическое учение о гетерогенных агроценозах как о факторе биологизации земледелия) : монография / А. С. Кононов, В. Е. Ториков, О. Н. Шкотова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 296 с.

76. Коренев, В. Б. Влияние возрастающих доз калийных удобрений на урожай и накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами / В. Б. Коренев, Л. А. Воробьева // Агрехимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 20–22.

77. Кореньков, Д. А. Продуктивное использование минеральных удобрений / Д. А. Кореньков. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 221 с.

78. Коринец, В. В. Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур / В. В. Коринец, А. Ф. Козловцев, В. Н. Козенко. – Волгоград, 1985. – 30 с.

79. Косолапов, В. М. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных / В. М. Косолапов. – Москва: Угрешская тиография, 2009. – 374 с.

80. Косолапов, В. М. Люпин: селекция, возделывание, использование : монография / В. М. Косолапов, Г. Л. Яговенко, М. И. Лукашевич [и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр агроэкологии и кормопроизводства им. В. Р. Вильямса", Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ "ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса". – Брянск : ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса, 2020. – 303 с.

81. Крымская, О. В. Анализ биоклиматических характеристик в условиях меняющегося климата (на примере города Белгород) / О.В. Крымская, С.М. Калина,

Волошенко И.В. // В сборнике: Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии. материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В.А. Дементьева). Под редакцией А.Н. Витченко. – Минск. – 2018. – С. 140–142.

82. Куатова, А. А. Эффективность кормопроизводства и пути её повышения / А. А. Куатова // NovaInfo.Ru. – 2017. – Т. 4. – № 58. – С. 124–129.

83. Кудинова, Л. И. Влияние молибдена, бора, меди и кобальта на поступление и распределение по растению ряда химических элементов. автореф. дис. ...канд. биол. наук. : (101) / Кудинова, Лидия Ивановна.–Томск, 1972. – 20 с.

84. Куликова, Е. Г. Оценка применения микробиологических удобрений при формировании продуктивности люпина белого на черноземе выщелоченном / Е. Г. Куликова, А. А. Галиуллин, С. В. Воронкова, Е. А. Канайкина // Сурский вестник. – 2023. – № 4(24). – С. 47–51.

85. Купцов Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. – Брянск: Клинцы: Изд-во ГУП «Клинцовская. городская типографи». – 2006. – 576 с.

86. Куренская, О. Ю. Роль минерального питания в повышении продуктивности люпина белого в засушливых условиях лесостепи ЦЧР / О. Ю. Куренская, В. Н. Наумкин, М. И. Лукашевич, Т. В. Яговенко // Кормопроизводство. – 2016. – № 6. – С. 31–35.

87. Куренская, О. Ю. Совершенствование элементов технологии возделывания люпина в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Куренская Ольга Юрьевна. – Воронеж, 2016. – 193 с.

88. Курлович, Б. С. Пути увеличения производства люпина / Б. С. Курлович // Кормопроизводство. – 1985. – №10. – С. 12–19.

89. Лаврик, И. Н. Эффективность применения биопрепаратов на люпине белом / И. Н. Лаврик, Г. А. Жатова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 48–50

90. Ларионов, Ю. С. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур / Ю. С. Ларионов. – Курган: ИПП Зауралье, 1993. – 36 с.

91. Лихачёв Б. С., Саввичева И.К., Агеева П.А., Лукашевич М.И., Бернацкая М.Л. Селекция люпина: направления, результаты, перспективы // Состояние и перспективы выращивания люпина Северо-Западной зоне Российской Федерации. – Великие Луки, 1996. – С.28–36.

92. Лукашевич, М. И. Перспективы селекции люпина белого на качество зерна / М. И. Лукашевич, М. В. Захарова, Л. В. Трошина // Применение удобрений в современной земледелии : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Минск, 06 июля 2018 года. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2018. – С. 203–206.

93. Лукин, С. В. Оценка макро- и микроэлементного состава растений гороха, белого люпина и сои / С. В. Лукин // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 6. – С. 76–79.

94. Люпин белый (*Lupinus albus L.*) – перспективная кормовая культура : Справочное пособие / Федеральное агентство научных организаций, Всероссийский научно – исследовательский институт люпина – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р.Вильямса". – Брянск : ООО "Издательство "Читай – город", 2018. – 30 с.

95. Майсурян, Н. А. Люпин [Текст] / Н. А. Майсурян, А. И. Атабекова. – М.: Колос, 1974. – 299 с.

96. Макаев, Н. А. Основная обработка почвы и урожайность люпина белого в условиях Курской области / Н. А. Макаев, Н. В. Беседин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 7. – С. 18–21.

97. Матвеева, В. И. Питание кормового люпина фосфором из удобрений и почвы на дерново-подзолистых почвах : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Матвеева Валентина Ивановна. – Минск, 1970. – 30 с.

98. Матуашвили, С. И. Микроэлементы как фактор влияющий на физиологические и морфологические свойства микроба *azotobacter Chroococcum* / С. И. Матуашвили. – Ленинград : [б. и.], 1941. – 3 с.

99. Меднов, А. В. Разработка приемов повышения урожайности детерминантных сортов узколистного люпина : специальность 06.01.09 «Растениеводство» : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Меднов Александр Владимирович. – Немчиновка, 2005. – 107 с.

100. Мельникова, О. В. Теория и практика биологизации земледелия: монография [Электронный ресурс] / О. В. Мельникова, В. Е. Ториков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 384 с.

101. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под редакцией Головачев В.И., Кириловская Е.В. – Москва, 1989. – 194 с.

102. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов, В. Н. Киреев, Г. П. Кутузов [и др.]. – Москва : типография Россельхозакадемии, 1997. – 156 с.

103. Методы определения болезней и вредителей с.-х. растений: пер. – М Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин. – Москва: Наука, 1973. – 228 с.

104. Мещеряков, О. Д. Влияние сортовых особенностей, минеральных удобрений и ризоторфина на урожай и качество семян люпина в условиях юго-западной части ЦЧР : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Мещеряков Олег Дмитриевич. – Воронеж, 2012. – 139 с.

105. Минеева, В. Г. Комплексные удобрения : Справ. пособие / В. Г. Минеев В. П. Грызлов, Р. И. Синдяшкина и др.; Под ред. В. Г. Минеева. – 2–е изд., перераб. доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 252 с.

106. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Белгородской области: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://belapk.ru/obshie-svedeniya-o-belgorodskoj-oblasti/> (дата обращения: 14.02.2022).

107. Мироненко, А. В. Физиология и биохимия люпина / А. В. Мироненко. – Минск: Наука и техника, 1965. – 204 с.

108. Михайличенко, Б. П. Концептуальные основы развития кормопроизводства на современном этапе и на перспективу // Кормопроизводство. – 1997. – № 9. – С.2–11.

109. Молчан И.М. Спорные вопросы в селекции растений / И.М. Молчан, Л.Г. Ильина, П.И. Кубарев // Селекция и семеноводство. – М., 1996. – № 1–2. – с. 36–51.

110. Муравьев, А. А. Влияние агрокомплексов на продуктивность люпина белого в засушливых условиях лесостепи Центрально – Чернозёмного региона / А. А. Муравьев // Современный научный вестник. – 2014. – № 27(223). – С. 63–67.

111. Муравьев, А. А. Сортоизучение и совершенствование возделывания люпина в лесостепи ЦЧР : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Муравьев Александр Александрович. – Воронеж, 2013. – 168 с.

112. Надточаев, Н. Ф. Эффективные гербициды – залог успешного возделывания кукурузы / Н. Ф. Надточаев // Наше сельское хозяйство. – 2010. – №4. – С. 70–75.

113. Наумкин, В. Н. Влияние листовых подкормок на формирование урожая семян люпина белого / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, О. Ю. Артемова, А. С. Блинник // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК : Сборник

докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 г., Белгород, 30 ноября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2020. – С. 72–73.

114. Наумкин, В. Н. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на формирование урожайности и качество семян люпина белого в условиях юга-западной части Центрально-Чернозёмного региона / В. Н. Наумкин, А. С. Блинник, О. Ю. Артемова [и др.] // Кормопроизводство. – 2021. – № 3. – С. 32–37.

115. Наумкин, В. Н. Влияние макроудобрений на продуктивность люпина белого / В. Н. Наумкин, А. С. Блинник // Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 99–101.

116. Наумкин, В. Н. Региональное растениеводство : учебное пособие / В. Н. Наумкин, А. С. Ступин, А. Н. Крюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 440 с.

117. Наумкин, В. Н. Формирование продуктивности семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений в условиях Центрально-Чернозёмного региона / В. Н. Наумкин, А. С. Блинник, А. Н. Крюков [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2(30). – С. 167–177.

118. Наумкин, В. Н. Эффективность возделывания люпина белого при разных уровнях минерального питания / В. Н. Наумкин, А. А. Муравьев, А. Н. Крюков [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 4(16). – С. 61–68.

119. Наумкин, В. Н. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании люпина белого в юго-западной части Центрально-Черноземного региона / В. Н. Наумкин, А. И. Артюхов, О. Ю. Куренская, В. А. Стебаков // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 5(80). – С. 18–25.

120. Нгуен, Ван Жанг Изменчивость хозяйственно-ценных признаков сортов люпина узколистного разных лет селекции 06.01.05 «Селекция и

семеноводство» : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Нгуен Ван Жанг. – Москва, 2006. – 119 с.

121. Никитин, С. Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов / С. Н. Никитин // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 33–38.

122. Николаев, П. Н. Адаптивный потенциал сортов ярового овса по признаку "масса 1000 зерен" в условиях Омского Прииртышья / П. Н. Николаев, О. А. Юсова, С. В. Васюкевич [и др.] // Агрофизика. – 2019. – № 2. – С. 38–44.

123. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. – М.: АН СССР, 1961. – 93 с.

124. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмора, М. Н. Власова. – М.: АН СССР, 1961. – 137 с.

125. Новиков, М. Н. Белый люпин как фактор оптимизации биологии земледелия в Центральном районе Нечернозёмной зоны / М. Н. Новиков // Белый люпин. – 2014. – № 1. – С. 12–14.

126. Опыт использования люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности (обзор) / В. И. Руцкая, Н. В. Гапонов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 1 (37). – С.83–89.

127. Орлова, А. Г. Сравнительная продуктивность различных сортов люпина белого в условиях Ленинградской области / А. Г. Орлова, О. Г. Рапина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 57. – С. 17–22.

128. Пакудин, В. З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В. З. Пакудин, Л. М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109–113.

129. Пейве, Я. В. Микроэлементы и биологическая фиксация атмосферного азота : доложено на тридцать первом ежегодном Тимирязевском чтении 3 июня

1970 года / Я. В. Пейве ; Академия наук СССР, Институт физиологии растений имени К. А. Тимирязева. – Москва : Наука. – 1971. – 49 с.

130. Пейве, Я. В. Проблема биологической фиксации атмосферного азота // Я. В. Пейве // Почвоведение. – 1976. – №4. – С. 3–10.

131. Перспективы возделывания люпина в Центрально-Черноземном регионе Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Мещеряков О.Д., Артюхов А.И., Лукашевич М.И., Агеева П.А. Земледелие. – 2012. – № 1. С. 27–29.

132. Посыпанов, Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка [Текст] : монография / Г. С. Посыпанов. – Москва : ИНФРА–М. – 2015. – 250 с.

133. Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г. С. Посыпанов. – М. : Агропромиздат, – 1991. – 299 с.

134. Посыпанов, Г. С. Растениеводство: практикум : учебное пособие / Г.С. Посыпанов. – Москва : ИНФРА–М, – 2022. – 255 с.

135. Продуктивность люпина белого при использовании инокуляции семян, минеральных удобрений и регулятора роста / А. А. Муравьев, В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина [и др.] // Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 23–24.

136. Продуктивность люпина в засушливых условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона / В. Н. Наумкин, В. А. Сергеева, А. А. Муравьев [и др.] // Аграрная наука. – 2014. – № 4. – С. 11–13.

137. Пташник, О. П. Изучение продуктивности и качества зерна сортов и сортообразцов люпина белого (*Lupinus albus L.*) / О. П. Пташник // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 3(27). – С. 155–163.

138. Пыльнев, В. В. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур : учебное пособие / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария [и др.]. – Санкт–Петербург : Лань, 2014. – 448 с.

139. Равков, Е. В. Адаптивный потенциал белого люпина в условиях республики Беларусь / Е. В. Равков, Ю. С. Малышкина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 97–100.

140. Региональное кормопроизводство : учебное пособие для вузов / В. Н. Наумкин, А. Н. Крюков, А. Г. Демидова [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 328 с.
141. Резвякова, С. В. Влияние почвенных условий на урожайность люпина белого / С. В. Резвякова, А. С. Архангельская // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 6(87). – С. 33–39.
142. Резвякова, С. В. Влияние стартовых доз азотных удобрений на урожайность люпина узколистного на серой лесной почве / С. В. Резвякова, А. Г. Гурин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 108–113.
143. Резвякова, С. В. Защита люпина белого от антракноза / С. В. Резвякова, А. С. Архангельская // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 3(72). – С. 83–86.
144. Резвякова, С. В. Урожайность озимой пшеницы в связи с защитой от грибных болезней в условиях Орловской области / С. В. Резвякова, Н. И. Ботуз, Е. В. Митина // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (88). – С. 68–74.
145. Романова, И. Н. Урожайность зерновых культур и уровень плодородия почвы в зависимости от внесения минеральных удобрений, типа почв в системе севооборота / И. Н. Романова, С. М. Князева, С. Н. Глушаков [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 2. – С. 57–61.
146. Руцкая, В. И. Возделываемые виды люпина и их основные вредители и болезни / В. И. Руцкая // Адаптивное кормопроизводство. – 2018. – № 4. – С. 73–82.
147. Савельев, В. А. Семеноведение полевых культур : учебное пособие для вузов / В. А. Савельев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 276 с.
148. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятий АПК : учебник / Г. В. Савицкая. – 8-е изд., испр. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 519 с.
149. Савич, В. И. Энергетическая оценка систем земледелия / В. И. Савич, В. Сычев, П. Балабко, В. Гукалов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – № 5. – С. 12–15.
150. Самохин, Л. В. О применении микроэлементов при возделывании белого люпина / Л. В. Самохин // Белый люпин. – 2015. – № 1. – С. 36.

151. Семенова, В. А. Растительный белок как средство повышения продуктивности сельскохозяйственных животных / В. А. Семенова // Инициативы молодых – науке и производству : Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Пенза, 2023. – С. 476–480.

152. Сергеева, В. А. Технология производства зерна люпина белого в условиях Волоконовского района Белгородской области / В. А. Сергеева, А. А. Муравьев, И. С. Муравьева, И. И. Макаренко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 1 (25). – С. 165–174.

153. Сергеева, В. А. Урожайность кормовых сортов узколистного и белого люпина в зависимости от сроков посева и норм высева семян в юго-западной части ЦЧР : специальность 06.01.09 "Растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Сергеева Валентина Алексеевна. – Воронеж, 2009. – 23 с.

154. Сеницына, С. М. Роль сорта в обеспечении продовольственной независимости северо–запада России / С. М. Сеницына, М. В. Архипов, Т. А. Данилова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 54. – С. 276–281.

155. Слесарева, Т. Н. Технология возделывания белого люпина в одновидовых и смешанных посевах: методические рекомендации / Т. Н. Слесарева, И. П. Такунов, М. И. Лукашевич, Л. И. Пимохова. – Брянск: Изд–во «Читай–город», 2015. – 56 с.

156. Слесарева, Т. Н. Эффективность внекорневой подкормки белого люпина комплексными удобрениями марки Акварин / Т. Н. Слесарева, Л. В. Трошина // Вестник Брянской ГСХА. – 2016. – № 2(54). – С. 48–52.

157. Смирнов, А. И. Растениеводство : учебники и учебные пособия для сельскохозяйственных техникумов / А. И. Смирнов, проф. – 6–е изд., перераб. и доп. – Москва : Сельхозгиз, 1958. – 503 с.

158.Соболев, С. Л. Зеленое удобрение [Текст] / С. Л. Соболев, Г. В. Бадина. – Л.: Лениздат, 1957. – 104 с.

159. Соколов, В. А. Адаптивные ресурсосберегающие технологии выращивания зернобобовых культур в Верхневолжье: рекомендации : методические рекомендации / В. А. Соколов, Н. В. Надежина. – Иваново : ИГСХА им. акад. Д. К. Беляева, 2020. – 88 с.

160. Соколов, В. А. Зернобобовые культуры в Верхневолжье : учебное пособие / В. А. Соколов. – Иваново : ИГСХА им. акад. Д. К. Беляева, 2009. – 124 с.

161. Соколов, В. А. Инновационные направления выращивания зернобобовых культур в Верхневолжье : учебное пособие / В. А. Соколов. – Иваново : ИГСХА им. акад. Д.К. Беляева, 2015. – 124 с.

162. Такунов, И. П. Люпин в земледелии России / И. П. Такунов; Рос. акад. с.–х. наук, Всерос. науч.–исслед. ин–т люпина. – Брянск : Придесенье, 1996. – 370 с.

163. Тарануха, Г. И. Люпин: биология, селекция и технология возделывания / Г. И. Тарануха. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2001. – 112 с.

164. Титова, В. И. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна белого люпина сорта Дега / В. И. Титова, Е. В. Дабахова, Е. О. Титова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 42–47.

165. Титова, В. И. Изучение возможности выращивания белого люпина на светло–серых лесных почвах Нижегородской области / В. И. Титова, Е. В. Дабахова, Е. О. Титова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 9. – С. 32–35.

166. Тихонов, А. С. Лесоводство : учебник для СПО / А. С. Тихонов, В. Ф. Ковязин. – Санкт–Петербург : Лань, 2022. – 480 с.

167. Томе, Д. Основные проявления нежелательных соединений, связанных с растительными белками. / Д. Томе, П. Вальдебуз // М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с.

168. Торикив, В. Е. Производство семян и посадочного материала сельскохозяйственных культур : учебное пособие / В. Е. Торикив, О. В. Мельникова, С. А. Бельченко, Н. С. Шпилев ; под редакцией В. Е. Торикива. – Санкт–Петербург : Лань, 2019. – 184 с.

169. Торикив, В. Е. Растениеводство : учебник для вузов / В. Е. Торикив, Н. М. Белоус, О. В. Мельникова, С. В. Артюхова ; Под ред.: Торикив В. Е.. – 2–е изд., стер. – Санкт–Петербург : Лань, 2022. – 604 с.

170. Турянчик, С. Н. Стимулирующее действие микроудобрений на посевные качества семян и урожайность люпина белого / С. Н. Турянчик, О. Ю. Куренская, В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 2(14). – С. 90–94.

171. Усольцев, И. В. Показатели и критерии эффективности сельскохозяйственного производства / И. В. Усольцев // Вестник ГУУ. – 2013. – №4. – С. 236–242.

172. Федотов, В. А. Растениеводство : учебник / В. А. Федотов, С. В. Кадыров, Д. И. Щедрина, О. В. Столяров. – Санкт–Петербург : Лань, 2022. – 336 с.

173. Халимуллина, А. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов фасоли обыкновенной и люпина белого в условиях Южного Зауралья / А. А. Халимуллина, А. О. Абылканова, И. Н. Порсев, А. В. Созинов // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 1(29). – С. 27–30.

174. Халимуллина, А. А. Влияние сроков посева на продуктивность люпина белого в Курганской области / А. А. Халимуллина, А. В. Созинов // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 3. – С. 19–24.

175. Халимуллина, А. А. Урожайность люпина белого сорта Дега при внесении минеральных удобрений / А. А. Халимуллина // Научно-Техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной

программы развития сельского хозяйства до 2020 года : Сборник статей по материалам международной научно–практической конференции, посвященной 75–летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева, Курган, 18–19 апреля 2019 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева. – 2019. – С. 784–789.

176. Хлопяников, А. М. Особенности нарастания биомассы и формирования урожая семян люпина белого в Центрально-Черноземном регионе / А. М. Хлопяников, А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич [и др.] // Вестник Брянского государственного университета. – 2014. – № 4. – С. 201–204.

177. Ходякова, Е. Листовые подкормки растений: предназначение и эффективность методики / Е. Ходякова // АгроФорум. – 2021. – № 4. – С. 16–19.

178. Хромова, Т. М. Ботаника с основами физиологии растений : учебник для вузов / Т. М. Хромова. – 2–е изд., стер. – Санкт–Петербург : Лань, 2023. – 380 с.

179. Цыгуткин, А. С. Возделывание белого люпина в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны / А. С. Цыгуткин, А. И. Шарагин // Владимирский земледелец. – 2014. – № 2–3 (68–69). – С. 43–45.

180. Шабалкин, А. В. Оценка адаптации сортов люпина белого и люпина узколистного в условиях Тамбовской области / А. В. Шабалкин, Н. Н. Беляев, Е. А. Дубинкина // Сахарная свекла. – 2018. – № 6. – С. 41–44.

181. Шаповалова, Н. Н. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. А. Менькина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5. – С. 43–46.

182. Шевченко, В. А. Практикум по технологии производства продукции растениеводства : учебник / В. А. Шевченко, И. П. Фирсов, А. М. Соловьев, И. Н. Гаспарян. – Санкт–Петербург : Лань, 2022. – 400 с.

183. Шик, А. С. Эффективность минеральных удобрений в посевах люпина на мелиорированных почвах белорусского Полесья / А. С. Шик, В. Н. Халецкий //

Сборник материалов Международной научно–практической конференции, посвященной 25-летию Всероссийского научно–исследовательского института люпина «Люпин – его возможности и перспективы». – Брянск, 2012. – С. 166–171.

184. Шинка, А. Э. Влияние опудривания микроэлементами семян кормовых бобов и люпина на их урожай и количество биологически связанного атмосферного азота: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Шинка Аусмя Эдуардовна. – Елгава, 1967. – 28 с.

185. Штеле, А. Л. Кормовая ценность белого люпина для высокопродуктивной птицы / А. Л. Штеле // Белый люпин. – 2014. – №1. – С.15–21.

186. Юмашев, Н. П. Почвы Тамбовской области : учебное пособие / Н. П. Юмашев, И. А. Трунов. – Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2006. – 216 с.

187. Яговенко, Г. Л. Использование новых форм удобрений для повышения урожайности и качества зерна люпина белого / Г. Л. Яговенко, Т. В. Яговенко, Т. Н. Слесарева [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2022. – № 1(79). – С. 89–94.

188. Яговенко, Г. Л. Потенциал зерновой продуктивности люпина белого и его реализация в условиях центральной Нечерноземной зоны России / Г. Л. Яговенко, М. В. Захарова, М. И. Лукашевич // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2(34). – С. 35–40.

189. Яговенко, Г. Л. Роль Всероссийского научно–исследовательского института люпина в развитии люпиносеяния в России / Г. Л. Яговенко, Н. В. Мисникова // Кормопроизводство. – 2022. – № 6. – С. 8–13.

190. Яговенко, Г. Л. Эффективность стимуляторов роста нового поколения при формировании урожая семян люпина белого / Г. Л. Яговенко, Т. В. Яговенко, С. А. Пигарева, [и др.] // Кормопроизводство. – 2022. – № 4. – С. 39–44.

191. Яговенко, Т. В. Особенности формирования фотосинтетического аппарата люпина желтого в моноценозах разной плотности / Т. В. Яговенко, С. А. Пигарева, Н. В. Грибушенкова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4(56). – С. 38–44.

192. Ягодин, Б. А. Содержание микроэлементов цинка и кобальта в почве и растениях в зависимости от применяемых удобрений / Б. А. Ягодин, И. В. Тищенко // Вестн. с.-х. науки. – 1978. № 3. – С. 42–50.
193. Яковлев, А. И. Основные приемы возделывания люпина в лесостепи Поволжья: специальность 06.01.09 «Растениеводство» : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Яковлев Андрей Иванович. – Пенза, 2003. – 150 с.
194. Яковлева, Л. В. Роль сорта и высококачественных семян в разработке интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Л. В. Яковлева // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2013. – № 84. – С. 180–191.
195. Ястребова, А. В. Агробиологическая оценка сортов и сортообразцов люпина узколистного (*Lupinus Angustifolius*) в условиях Удмуртской Республики / А. В. Ястребова, С. И. Коконов, А. В. Меднов [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(67). – С. 79-82.
196. Ястребова, А. В. Урожайность зерна люпина узколистного в зависимости от развития клубеньковых бактерий / А. В. Ястребова, Т. Н. Рябова, С. И. Коконов // Кормопроизводство. – 2023. – № 8. – С. 7-9.
197. Яценко, В. Г. Технология индустриального производства сахарной свеклы / В. Г. Яценко, Д. Н. Бухтояров, А. И. Туровский и др. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 142 с.
198. Akay, Aysen, Mustafa Yorgancilar, and Emine Atalay. "Effects of different types of mycorrhiza on the development and the elemental content of lupin (*Lupinus Albus L.*)" *Journal of Elementology*, vol. 21, no. 2, 2016, pp. 327–335.
199. Bezgodov, Andrey V., and Maron Konstantin A. "Growing lupine and vetch in mixed crops." *Acta Biologica Sibirica*, no. 8, 2022, pp. 199–209.
200. Bortels, H. "Molybden als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung." *Archiv für Mikrobiologie*, vol. 1, 1930, pp. 333–342.

201. Brenchley, W. E., and Thornton, H. G. "The relation between the development, structure and functioning of the nodules of *Vicia faba*, as influenced by the presence or absence of boron in the nutrient medium." *Proc. Roy. Soc. (London) B.* 98 (1925): 373–393.

202. Edmar, T., Derric, M., & Hamesh, B. "Modelling seasonality of dry matter partitioning and root maintenance respiration in Lucerne (*Medicago sativa*)." *Crop and Pasture Science*, vol. 60, no. 8, 2009, pp. 778–784.

203. El-Haggan, E.A.M. & El-Gohary R. Mekkei M. (2019). Effect of Irrigation Intervals and Zinc Foliar Application on Productivity and Seed Quality of Two Lupine (*Lupinus termis* L.) Varieties. *World Journal of Agricultural Sciences*, 15(1), pp. 38–46.

204. Naganowska, B. [et al.] Lupin Crops – an opportunity for today, a promise for the future: Proc. of the 13th International Lupin Conference, 6–10 June 2011, Poznan, Poland / B. Naganowska, P. Kachlicki, B. Wolko (eds). – International Lupin Assotiation, Canterbury, New Zealand, 2011. – 256 p.

205. Tounsi-Hammami, Soumaya, et al. "Evaluation of *Lupinus albus* L. nodulation and plant growth in noninoculated soils collected from different sites in Tunisia." *Journal of New Sciences*, vol. 81, no. 3, 2021, pp. 65–75.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А

Технологическая схема возделывания люпина белого

Сроки проведения	Основные агротехнические приемы	Примечание
1	2	3
Июль – август	Уборка зерновых колосовых предшественников	Равномерное распределение измельченной соломы
Июль – август	Лушение стерни на глубину 6-8 см	Провокации прорастания семян сорняков. Заделка соломы
Сентябрь – октябрь	Дискование почвы на глубину 12-14 см	Рыхление поверхности поля
Март – апрель	Ранневесеннее боронование в 2 следа на глубину 3-4 см	Нарушение капилляров. Сохранение влаги в почве
За 2-15 дней до посева	Протравливание семян «Тирам», ВСК – 6-8 л/т с добавлением воды 5-10 л/т в баковой смеси с предпосевной обработкой семян «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т	Обеззараживание семян, улучшение минерального питания
В день посева	Предпосевная культивация на глубину заделки семян 3-4 см	Подрезание всходов сорняков, выравнивание поверхности поля
При температуре почвы 6-7 °С на глубине посева	Посев рядовой зерновой сеялкой на глубину 3-4 см, норма высева семян 1,3 млн шт./га	Расчет весовой нормы высева с учетом посевной годности и массы 1000 семян
Вслед за посевом	Прикатывание посевов кольчато-шпоровыми катками	С целью лучшего контакта семян с почвой, подтягивания влаги из нижних слоев почвы.
Вслед за прикатыванием	Обработка почвенным гербицидом Камелот (3,0-4,0 л/га)	Контроль зон перекрытия при опрыскивании. Норма расхода рабочего раствора 200-300 л/га
При необходимости опрыскивание в течение вегетации	Обработка против болезней фунгицидам Карбезим, КС – 0,1-1,5 л/га	С учетом ЭПВ.

Продолжение приложения А

Технологическая схема возделывания люпина белого сорта Дега

1	2	3
В течение вегетации растений при необходимости	Обработка посевов против вредителей (тля, клубеньковые долгоносики, луговой мотылек) Каратэ Зеон, МКС – 0,15 л/га	С учетом видового состава и ЭПВ
При необходимости опрыскивание посевов в фазе 2-4 листьев сорняков	Борьба с сорняками против однодольных и двудольных сорняков гербицидом Миура, КЭ 0,4-0,8 л/га	С учетом видового состава и ЭПВ. Контроль зон перекрытия при опрыскивании. Норма расхода рабочего раствора 200-300 л/га
В фазе бутонизации	Листовая подкормка «Аквამикс-ТВ» 150 г/га с сернокислым калием (K_2SO_4) 3 кг/га	Для улучшения минерального питания растений
Высыхание на корню до стандартной влажности	Уборка прямым комбайнированием с частотой вращения барабана 650-750 об./мин.	Влажность семян 14%
После уборки	Первичная очистка и подработка семян	

Акт внедрения результатов в ООО «Грайворон-Агроинвест»

АКТ

внедрения диссертационного исследования,
соискателя Блинник Алексея Сергеевича

1. **Наименование внедряемого мероприятия:**
«Предпосевная обработка семян люпина белого сорта Дега микроудобрением «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т с листовой подкормкой по зеленому листу микроудобрением «Аквамикс-ТВ» 150 г/га и макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) в дозе 3 кг/га в фазу бутонизации».
2. **Разработка внедрения при выполнении НИР:**
«Технологические приемы повышения урожайности и улучшения качества семян люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона».
3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению:**
ФГБОУ ВО Белгородского государственного университета имени Василия Яковлевича Горина
4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес:**
ООО "ГРАЙВОРОН-АГРОИНВЕСТ" Грайворонского района, Белгородской области.
5. **Объём производственной проверки:**
посевная площадь посевов люпина белого сорта Дега 15 га
6. **Календарные сроки внедрения (начало-окончание):**
27 апреля 2021 г. – 17 августа 2021 г.
7. **Результаты внедрения научной разработки:** по рекомендованным приемам обеспечен рост эффективности производства семян люпина белого сорта Дега, получена урожайность 3,24 т/га при базовой 2,91 т/га, прибавка составила 0,33 т/га.

Продолжение приложения Б

Акт внедрения результатов в ООО «Грайворон-Агроинвест»

8. Ф.И.О. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от университета и предприятия:

аспирант Блинник А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Наумкин В.Н., генеральный директор ООО "ГРАЙВОРОН-АГРОИНВЕСТ" Грайворонского района, Белгородской области Головин М.В., главный агроном Бруев А.П.

Председатель комиссии:

Генеральный директор

ООО "ГРАЙВОРОН-АГРОИНВЕСТ"

Главный агроном _____

Ответственные за внедрение _____



Головин М.В.

Бруев А.П.

Блинник А.С.

Наумкин В.Н.

Акт составления «26» августа 2021г.

Акт внедрения результатов в ИП глава КФХ Драп И.И.

АКТ

внедрения диссертационного исследования,
соискателя Блинник Алексея Сергеевича

1. **Наименование внедряемого мероприятия:**

«Предпосевная обработка семян люпина белого сорта Дега микроудобрением «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т с листовой подкормкой по зеленому листу микроудобрением «Аквамикс-ТВ» 150 г/га и макроудобрением сернокислым калием (K_2SO_4) в дозе 3 кг/га в фазу бутонизации».

2. **Разработка внедрения при выполнении НИР:**

«Технологические приемы повышения урожайности и улучшения качества семян люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона».

3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению:**

ФГБОУ ВО Белгородского государственного университета имени Василия Яковлевича Горина

4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес:**

ИП глава КФХ Драп И.И. Орловская область, Болховский район, д. Александровка – 2

5. **Объём производственной проверки:**

посевная площадь посевов люпина белого сорта Дега 25 га

6. **Календарные сроки внедрения (начало-окончание):**

03 мая 2022 г. – 25 августа 2022 г.

7. **Результаты внедрения научной разработки:** по рекомендованным приемам обеспечен рост эффективности производства семян люпина белого сорта Дега, получена урожайность 2,81 т/га при базовой 2,39 т/га, прибавка составила 0,42 т/га.

Продолжение приложения В

Акт внедрения результатов в ИП глава КФХ Драп И.И.

8. **Ф.И.О. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от университета и предприятия:**

аспирант Блинник А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Наумкин В.Н., ИП глава КФХ Драп И.И., главный агроном Федоров В.Н.

Председатель комиссии:

ИП глава КФХ Драп И.И. _____ Драп И.И.

Главный агроном _____ Федоров В.Н.

Ответственные за внедрение _____ Блинник А.С.

_____ Наумкин В.Н.



Акт составления «30» августа 2022г.