

На правах рукописи

ДЫШКО ВИТАЛИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ УЗКОЛИСТНОГО
ЛЮПИНА ПО ЗЕРНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Специальность: 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск 2016

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры агрономии и экологии
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА
Вьюгин Сергей Михайлович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
директор ФГБНУ ВНИИ люпина
Артюхов Александр Иванович

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
ФГБНУ Калужский НИИСХ
Лукашов Владимир Николаевич

Ведущая организация: Калужский филиал РГАУ-МСХА
имени К.А.Тимирязева

Защита состоится « 01 » июля 2016 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 в ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а.
E-mail: uchsovet@bgsha.com, факс: (483) 412-42-16

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2016 г. и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации: <http://www.vak.ed.gov.ru>

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дьяченко Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Важнейшей задачей земледелия в Нечерноземной зоне, как и во многих других регионах Российской Федерации, является увеличение производства растительного белка, сбалансированного по комплексу аминокислот, без чего повышение продуктивности сельскохозяйственных животных весьма проблематично. Основными источниками растительного белка, наряду с однолетними и многолетними бобовыми травами, являются зерновые бобовые культуры, среди которых своими качественными достоинствами выделяется узколиственный люпин. В его зерне содержится 30-40% биологически полноценного легкоусвояемого белка, и в нем имеются почти все незаменимые аминокислоты.

Узколиственный люпин обладает наивысшей азотфиксирующей способностью среди бобовых культур. Удельный вес атмосферного азота от общего содержания его в растениях может достигать 75-95%. При благоприятных условиях он способен накапливать в почве 150-200 кг/га симбиотического азота и обогащать гумусово-аккумулятивный слой почвы растворимыми формами фосфатов. Эффективный симбиоз с клубеньковыми бактериями позволяет снизить себестоимость единицы получаемой продукции, так как затраты на производство белка уменьшаются на величину стоимости азотных удобрений.

Основным достоинством люпина является его невысокая требовательность к почвенным условиям. Тем не менее, получение стабильных высоких урожаев культуры невозможно без научно обоснованного применения удобрений. Следует отметить, что исследования по данному вопросу и, в частности, по минеральному питанию узколистного люпина при его возделывании на зерно, только разворачиваются. Разработкой систем удобрения занимались [Минеев, 2003; Белоус, Ториков и др., 2010; Г.Л. Яговенко, Белоус, Л.Л. Яговенко, 2011; Тарануха, 1980; Персикова и др., 2006; Трепачев, 1999].

Большинство исследователей сходятся во мнении, что наиболее эффективны умеренные дозы фосфорно-калийных удобрений – P30-60K60-90, и их повышение в условиях Нечерноземья нецелесообразно. Другие указывают на отсутствие существенного эффекта от применения под люпин фосфорных и калийных удобрений и даже на отрицательное влияние их, проявляющееся в снижении содержания белка в продукции. Проблемным является и вопрос целесообразности применения под люпин азотных удобрений. Сторонники и противники применения минерального азота сходятся в одном, что стартовая доза азотных удобрений необходима до начала периода активной азотфиксации.

Зерновую продуктивность узколистного люпина угнетает засоренность посевов, что вызывает необходимость применения гербицидов. Однако, он сам по себе к ним чувствителен. Поэтому поиск и применение эффективных и экологически безопасных препаратов играют важную роль, наряду с совершенствованием агротехнических способов возделывания [Баздырев, 2004; Кирдин, 1996; Захаренко, 2000].

Степень разработанности темы исследования. Научные исследования по данному направлению проводились и ведутся учеными Брянского ГАУ Н.М. Белоусом, А.А. Духаниным, А.С. Кононовым, В.Е. Ториковым; научными сотрудниками ВНИИ люпина А.И. Артюховым, И.П. Такуновым, Л.Л. Яговенко, Г.Л. Яговенко; сотрудниками Московского НИИСХ «Немчиновка» Г.А. Дебелым, В.Ф. Кирдиным, Б.П. Лободой, А.В. Медновым, В.Е. Ольховым, В.Д. Штырхуновым; исследователями Новозыбковской

опытной станции ВНИИА Л.А. Воробьевой, М.Г. Драганской, Ф.В. Моисеенко, В.Ф. Шаповаловым; учеными РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева Г.Г. Гатаулиной, Г. С. Посыпановым, А.С. Цыгуткиным.

Большой вклад в изучение роли узколистного люпина в земледелии внесли ученые Республики Беларусь: И.Р. Вильдфлуш, А.В. Какшинцев, Т.Ф. Персикова, А.Р. Цыганов.

В Центральном районе Нечерноземной зоны Российской Федерации и, в частности, в Смоленской области, возделывание люпина узколистного для производства растительного белка и повышения плодородия почв изучено не в полной мере, что требует всесторонних исследований в поиске путей оптимизации элементов технологий его выращивания на разноцелевое использование.

Цели и задачи исследований. Цель исследований заключалась в научном обосновании оптимизации элементов технологий возделывания узколистного люпина на зерно в условиях Центрального Нечерноземья на примере Смоленской области.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать влияние различных способов основной обработки в посевах узколистного люпина Дикаф 14 на агрофизические свойства почвы и ее водный режим;
- выявить изменения уровня засоренности посевов узколистного люпина Дикаф 14 при оптимизации элементов технологии его возделывания на зерно с целью сведения к минимуму отрицательного влияния сорняков на величину урожайности;
- определить эффективность действия приемов возделывания узколистного люпина на урожайность зерна;
- изучить воздействие фосфатного состояния почвы и минеральных удобрений на содержание элементов питания и сырого белка в зерне узколистного люпина;
- определить вынос основной продукцией и накопление в почве пожнивнокорневыми остатками и соломой органического вещества и элементов питания, в т.ч. биологического азота;
- выявить способ основной обработки почвы, при котором возделывание узколистного люпина является более рентабельным;
- установить оптимальный уровень содержания подвижных фосфатов в почве, при котором возможна максимальная энергетическая и агроэкономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании люпина узколистного по зерновой технологии.

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые на легкосуглинистых дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья дана оценка продукционной и агроэкономической эффективности возделывания безалкалоидного люпина узколистного по зерновой технологии. Установлены модели зависимости между урожайностью и уровнем обеспеченности почвы подвижными фосфатами, дозами минеральных удобрений, различными способами основной обработки почвы. Определены оптимальные водно-физические свойства почвы при механической её обработке, минимизирована засоренность посевов с использованием современных гербицидов. Получены оригинальные данные по аминокислотному составу белка зерна.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в углублении теоретических подходов к оптимизации технологических приемов возделывания люпина узколистного на зерно в условиях Центрального Нечерноземья. Использование предлагаемых приемов технологии возделывания узколистного люпина положительно отражается на плодородии почвы, что повышает продуктивность и качество зерна. На основании предложенных моделей формирования урожайности представляется возможным прогнозировать её уровень. Полученные результаты могут являться основой для разработки практических рекомендаций.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологическим фундаментом проведения экспериментов послужили принципы агротехнологической модернизации посредством внедрения ресурсосберегающих биологизированных систем земледелия. Экспериментальные исследования базировались на системном подходе с использованием методов научной агрономии. Закладку полевых опытов, фенологические наблюдения, учеты и статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову [1985], Методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур [1987], расчет энергетической эффективности произведен по методике ВНИИТЭИагропром [1993], а экономической эффективности - по технологической карте [Шакиров и др., 2000].

Основные положения, выносимые на защиту:

- влияние элементов технологии на урожайность и качество зерна узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан;
- содержание элементов питания в зерне и вынос их основной продукцией;
- динамика засоренности посевов узколистного люпина Дикаф 14 при разных способах основной обработки почвы и внесении гербицида;
- влияние основной обработки почвы и гербицида на развитие корневой системы узколистного люпина Дикаф 14;
- роль основных обработок почвы в оптимизации водно-физических свойств;
- поступление в почву при возделывании узколистного люпина органического вещества и элементов питания, в т.ч. биологического азота;
- энергетическая и агроэкономическая эффективность приемов возделывания узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан на зерно.

Степень достоверности результатов проведенных исследований базируется на теоретическом обосновании разрабатываемой темы, выраженном в глубоком анализе различных источников информации по изучаемой проблеме, и подтверждается экспериментальными данными, полученными в полевых опытах. Агрономическая и экономическая эффективность изучаемых факторов проверена при различных метеорологических условиях за четырехлетний период (2012-2015 гг.). Существенность межфакторных различий в опытах обоснована результатами статистической обработки экспериментальных данных методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа.

Личный вклад автора в разработку и проведение научно-исследовательской работы по теме диссертации составляет 85%. Диссертация подготовлена на основе обобщения результатов исследований, проведенных лично автором. Теоретическая часть работы выполнена автором самостоятельно. Принимал участие в разработке программы, выборе объектов и методов исследований. Лично закладывал полевые опыты, проводил фенологические наблюдения, учет

урожая, агрохимические анализы почвы, химический анализ зерна, анализировал экспериментальные данные и формулировал выводы, предложения производству.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертации были доложены на Международной научно-практической конференции «Инновации как фактор развития АПК и сельских территорий» (Смоленск, 2013); 39-ой студенческой научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса» (Смоленск, 2014); научно-практической конференции «Проблемы и тенденции развития сельскохозяйственного производства в современных условиях» (Тирасполь: ПМР, 2014); Международной научно-практической конференции «Приоритеты развития АПК в современных условиях», посвященной 40-летию ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА» (Смоленск, 2014); областном конкурсе молодых учёных, проводимом Департаментом Смоленской области по образованию, науке и делам молодёжи, в номинации «Исследования в области естественных наук» (Смоленск, 2014); областном конкурсе «Будущее Смоленщины» (Смоленск, 2014); стипендиальной программе компании ООО «ЭкоНива-АПК Холдинг» «ЭкоНива-Студент 2014» на секции «Земледелие. Агрономия. Растениеводство» (Воронеж, 2014); Региональном конкурсе научно-технического творчества молодёжи «НТТМ-Смоленск» (Смоленск, 2014); Международной научно-практической конференции молодых учёных «Научный потенциал молодых учёных для создания инновационных технологий в АПК» (Смоленск, 2015); Международной научно-практической конференции молодых учёных «Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы» (Смоленск, 2015).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 133 страницах компьютерного текста, включает 21 таблицу, 10 рисунков, 17 приложений. Состоит из введения, 3 глав, заключения, предложений производству, списка литературы, включающего 196 наименований, в т. ч. 10 на иностранном языке.

Автор диссертационной работы выражает благодарность за методическую и консультативную помощь доктору сельскохозяйственных наук, ведущему научному сотруднику лаборатории удобрений и мелиорантов ФГБНУ Московский НИИСХ «Немчиновка» Капанову Владимиру Николаевичу, а также лаборанту-исследователю ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА Онуфриевой Надежде Ивановне за помощь при проведении полевых и лабораторных исследований.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2012-2015 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА в полевых опытах, расположенных на одном массиве.

Почва – дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая на лессовидном суглинке, характеризовалась следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,85 %; рН_{сол.} – 5,2; гидролитическая кислотность – 2,87 ммоль/100 г; сумма поглощенных оснований – 5,1-7,4 ммоль/100 г; степень насыщенности основаниями – 64-72 %; подвижный фосфор – 83-89 мг/кг и подвижный калий – 114-121 мг/кг на почве; степень подвижности фосфатов – 0,032-0,035 мг/л.

Годы исследований значительно различались по метеоусловиям вегетационного периода. По условиям тепло - и влагообеспеченности 2012 г. характеризовался как благоприятный (ГТК=1,5) для получения урожая зерна. Погодные условия 2013-2014 гг. были удовлетворительными (ГТК=1,3; ГТК=1,3), а 2015 года из-за продолжительной

летней засухи были не вполне благоприятными (ГТК=0,6) для роста и развития растений. Контрастные по метеоусловиям годы исследований позволили дать объективную оценку влияния изучаемых технологических приемов на уровень урожайности и качество зерна узколистного люпина.

Для реализации поставленных задач проведено 2 полевых опыта.

Опыт №1. Изучить реакцию узколистного люпина на разные технологические приемы его возделывания.

Исследования проводили в 2013-2015 гг. по следующей схеме:

<u>Основная обработка почвы</u>	<u>Фон</u>
Вспашка на 20-22 см	Безгербицидный
Безотвальное рыхление на 30-32 см	Гербицидный
Дискование на 10-12 см	

Опыт заложен в 3-х кратной повторности. Учетная площадь делянки – 21 м². Размещение вариантов опыта – систематическое. Возделывали узколистный люпин Дикаф 14. Предшественник – озимая тритикале.

После уборки предшественника проводили лушение стерни (БДТ-3) на глубину 10-12 см. Перед основной обработкой вручную вносили аммонизированный простой суперфосфат (Р45) и сернокислый калий (К90). Заделку удобрений осуществляли согласно схеме: плугом с предплужниками на глубину 20-22 см (ПЛН-3-35), в варианте с безотвальным рыхлением на 30-32 см – плугом ПЛН-3-35 со снятками отвалами, а в варианте с поверхностной обработкой на 10-12 см – тяжелой дисковой бороной БДТ-3. Весной для выравнивания почвы, сохранения влаги и уничтожения всходов ранних яровых сорняков проводили сплошную культивацию (КПС-4). Под предпосевную культивацию вносили стартовую дозу азота (N30). Для борьбы с малолетними двудольными и однодольными сорняками применяли довсходовый гербицид системного почвенного действия – прометрин, СК (500 г/л) из расчета 2,5 л/га.

Опыт №2. Изучить влияние фосфатного состояния почвы и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна узколистного люпина, накопление органического вещества и питательных элементов в почве, в т.ч. биологического азота.

Эксперимент проводили в 2012-2015 гг. на трех агрофонах по содержанию в почве подвижного фосфора (*фактор В*): естественном (83-89 мг/кг) и двух искусственно созданных – повышенном (139-145 мг/кг) и высоком (194-207 мг/кг). Фосфатные фоны создавались под предшествующую культуру заблаговременно, путем внесения в почву фосфоритной муки Полпинского месторождения в соответствующих дозах – 450 и 900 кг Р₂О₅ на гектар севооборотной площади.

На каждом фосфатном агрофоне размещали варианты с удобрениями (*фактор А*): 1) контроль (без удобрений); 2) N20K90; 3) N20K90Pc45; 4) N20K90Pф45. При наложении этой схемы применен метод расщепленных делянок. На делянках первого порядка размещен фосфатный фон, на делянках второго порядка – дозы минеральных удобрений. Повторность – 4-х кратная, площадь делянки – 5 м² (2 м × 2,5 м).

В опыте под зяблевую вспашку вносили сернокислый калий, аммонизированный простой суперфосфат и фосфоритную муку. Стартовую дозу азота N20 вносили в почву весной под предпосевную культивацию. По предшественнику озимая тритикале высевали сорта узколистного люпина – Дикаф 14 и Фазан.

В обоих опытах посев проводили селекционной сеялкой СН-16 с заделкой семян на глубину 2-3 см с нормой высева 1,0 млн. всхожих семян на гектар. Уборку проводили сплошным методом в фазу спелого боба с последующим пересчетом на 14% влажность и 100% чистоту зерна.

Экспериментальные исследования базировались на системном подходе с использованием методов научной агрономии. Все фенологические наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам и ГОСТам. Для характеристики исходного почвенного плодородия анализу подвергались образцы смешанной пробы пахотного горизонта, в которых определяли: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26113-91); рН_{сол.} – потенциометрически [ГОСТ 26487-85], гидролитическую кислотность – по Каппену [ГОСТ 26212-91]; подвижные P₂O₅ и K₂O – по Кирсанову [ГОСТ 26207-93]. Поступление в почву органического вещества и величину азотфиксации рассчитывали по методике ВИУА [Трепачев, 1999].

Плотность почвы определяли методом насыщения водой в цилиндрах, влажность – термовесовым методом, твердость – твердомером Алексеева в десяти точках на делянке. Замеры производили по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см, количественно-весовой учет сорняков осуществляли на площадках 0,25 м² [Васильев и др., 2005], биологическую эффективность гербицида определяли по формуле [Исаева, 1990].

Учет корневой системы проводили методом рамочной выемки почвы по десятисантиметровым слоям до глубины 30 см по Н.З. Станкову (1964). Структуру урожайности определяли по Методике Госсортиспытания сельскохозяйственных культур [1987].

В растительной продукции содержание общего азота определяли колориметрическим методом с реактивом Несслера, фосфора – с применением аскорбиновой кислоты (по Мерфи и Райли), калия – по Масловой и Чернышевой на пламенном фотометре, содержание аминокислот - методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105» с программным обеспечением «Мультихром 1,5» для Windows.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову [1985]; расчет энергетической эффективности произведен по методике ВНИИТЭИагропром [1993], экономической эффективности - по технологической карте [Шакиров и др., 2000].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Формирование урожайности зерна узколистного люпина при разных приемах его возделывания

Продуктивность культуры отражают элементы структуры урожайности: густота стояния растений, количество бобов, число зерен в бобе, масса 1000 зерен. В *опыте №1* количество растений, сохранившихся к уборке, отличалось. По вспашке на безгербицидном фоне в среднем за годы исследований данный показатель равнялся 72,3 шт/м², на гербицидном фоне – сохранилось на 7,5% больше. Использование прометрина в вариантах с безотвальным рыхлением и дискованием повысило число растений на 9-10% (табл.1).

Таблица 1 - Элементы структуры урожайности узколистного люпина при основных обработках почвы и применении гербицида, (опыт 1, среднее за 2013-2015 гг.)

Обработка почвы	Фон	Кол-во раст. к уборке шт./м ²	Высота растения, см	Кол-во бобов с раст., шт.	Число зерен в бобе, шт.	Масса зерна с раст., г	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна, г/м ²
Вспашка на 20-22 см	безгербицидный	72,3	57,6	5,4	3,9	2,35	111,5	169,9
	гербицидный	77,7	61,8	5,4	4,1	2,53	114,2	196,6
Безотвальное рыхление на 30-32 см	безгербицидный	68,6	55,0	5,5	3,8	2,29	110,4	157,1
	гербицидный	74,7	59,2	5,5	3,9	2,40	111,8	179,3
Дискование на 10-12 см	безгербицидный	65,7	53,7	5,5	3,8	2,26	108,3	148,5
	гербицидный	72,1	57,3	5,4	3,9	2,34	110,1	168,7

Масса зерна с растения варьировала в пределах 2,26-2,53 грамма. На гербицидном фоне по вспашке показатель был выше на 7,6%, при безотвальном рыхлении – на 4,8%, дисковании – 3,5%. При этом масса 1000 зерен, которая является стабильной величиной, изменялась не столь значительно. Меньшей она отмечена при дисковании на безгербицидном фоне – 108,3 г, большей – по вспашке с применением прометрина – 114,2 г.

В опыте №2, где изучали отзывчивость узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан на уровень фосфатного состояния почвы и применение минеральных удобрений, установлено, что выживаемость растений и формирование бобов не зависели от содержания подвижных фосфатов в почве, а минеральные удобрения положительно влияли на данные показатели на всех изучаемых фосфатных агрофонах. Высота растений сорта Дикаф 14 на естественном фоне в среднем по вариантам была ниже на 5%, нежели на искусственно созданных, а у сорта Фазан не менялась.

На повышенном и высоком фосфатных фонах в варианте без удобрений число зерен в бобе у сорта Дикаф 14 было на 8-13%, масса зерна с растения – на 14-19% и в целом с квадратного метра – на 14-21% больше. У сорта Фазан соответственно на 8-17%, 11-21 и 13-22%. Применение минеральных удобрений улучшало вышеперечисленные показатели. Значимая разница с контролем по массе зерна с растения и единицы площади отмечалась на повышенном и высоком фосфатных агрофонах с применением азотно-калийных удобрений, которая составила соответственно 0,29-0,32 и 26-27 граммов.

Внесение фосфорных удобрений положительно повлияло на массу зерна с одного растения и квадратного метра только на фоне с содержанием P₂O₅ в почве 83-89 мг/кг. Эти показатели структуры урожайности у сорта Дикаф 14 увеличивались соответственно на 14 и 18%, у сорта Фазан – на 12-16% в сравнении с вариантом N20K90.

В связи с тем, что генетический потенциал продуктивности растений в сомкнутых стеблестоях при оптимальной густоте стояния реализуется по-разному, следует рассмотреть урожайность зерна люпина узколистного как интегральный показатель состояния агрофитоценоза. В 2013 году максимальная урожайность люпина Дикаф 14 в *опыте №1* была сформирована по вспашке: на безгербицидном фоне – 1,52 т/га, гербицидном – 1,89 т/га (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность люпина узколистного Дикаф 14 при основных обработках почвы и применении гербицида (опыт 1), т/га

Обработка почвы	Фон	Год			Сред-нее	Прибавка от	
		2013	2014	2015		обр.	герб.
Вспашка на 20-22 см	безгербицидный	1,52	1,77	1,58	1,61	-	-
	гербицидный	1,89	2,02	1,76	1,89	-	0,28
Безотвальное рыхление на 30-32 см	безгербицидный	1,43	1,60	1,48	1,50	- 0,11	-
	гербицидный	1,74	1,81	1,62	1,72	- 0,17	0,22
Дисконирование на 0-12 см	безгербицидный	1,32	1,54	1,40	1,42	- 0,19	-
	гербицидный	1,58	1,75	1,52	1,62	- 0,27	0,20

*HCP*₀₅

0,18

0,20

0,12

По безотвалному рыхлению на безгербицидном фоне меньше на 5,9%, гербицидном – на 7,9%, по дисконированию - на 13,2 и 16,5% соответственно фонам.

Применение прометрина повысило данный показатель по изучаемым способам обработки почвы соответственно на 24,3%, 21,7% и 19,7%. Динамика формирования урожайности зерна по изучаемым вариантам в 2014 году была аналогичной. Однако, отмечено снижение прибавки от применения гербицида, соответственно до 14,1; 13,1 и 13,6%. В 2015 году получена наименьшая урожайность - 1,52-1,76 т/га.

В среднем за 3 года в варианте со вспашкой на безгербицидном фоне урожайность зерна люпина узколистного составила 1,61 т/га, а на гербицидном – 1,89 т/га. По безотвалному рыхлению на безгербицидном фоне она снизилась на 0,11 т/га, а по дисконированию – 0,19 т/га. От действия прометрина по вспашке дополнительно получено 0,28 т/га, по безотвалному рыхлению и дисконированию – на уровне 0,20 т/га. Наибольший рост урожайности по вспашке на гербицидном фоне обусловлен, главным образом, увеличением густоты стояния растений, количеством бобов на растении, числом зерен в бобе и массой 1000 зерен.

В *опыте №2* в годы исследований урожайность зерна узколистного люпина варьировала под влиянием уровня удобрения культуры на разных фонах по обеспеченности подвижным фосфором. Наименьшая урожайность отмечена в 2012 году в неудобренном варианте на почве с содержанием подвижного фосфора 83 - 89 мг/кг. По сорту Дикаф 14 она составила 1,49 т/га, Фазан – 1,38 т/га. В этом варианте на

фоне с высокой обеспеченностью P_2O_5 (194-207 мг/кг) наибольшая урожайность сорта Дикаф 14 получена в 2013 году – 2,11 т/га, сорта Фазан в 2014 году – 2,03 т/га (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние фосфатного состояния почвы и минеральных удобрений на урожайность зерна узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан (опыт 2), т/га

Вариант (фактор А)	Год				Сред- нее	Прибавка от	
	2012	2013	2014	2015		NPK	P_2O_5
<i>Содержание P_2O_5 в почве – 83...89 мг/кг (фактор В)</i>							
Контроль	1,49/1,38	1,57/1,43	1,69/1,70	1,64/1,69	1,60/1,55	–	–
N20K90	1,62/1,51	1,80/1,69	1,84/1,87	1,73/1,77	1,75/1,71	0,15/0,16	–
N20K90Pc45	2,07/1,92	2,15/1,98	2,10/2,12	1,96/1,92	2,07/1,99	0,47/0,44	0,32/0,28
N20K90Pф45	2,03/1,87	2,09/1,94	2,14/2,15	1,91/1,95	2,04/1,98	0,44/0,43	0,29/0,27
HCP ₀₅ A	0,12/0,14	0,13/0,11	0,14/0,15	0,12/0,10			
<i>Содержание P_2O_5 в почве – 139...145 мг/кг (фактор В)</i>							
Контроль	1,78/1,57	1,84/1,64	1,90/1,97	1,79/1,81	1,83/1,75	–	–
N20K90	1,99/1,80	2,15/1,95	2,18/2,30	1,93/2,01	2,06/2,02	0,23/0,27	–
N20K90Pc45	2,22/1,96	2,32/2,11	2,30/2,44	2,00/2,09	2,21/2,15	0,38/0,40	0,15/0,13
N20K90Pф45	2,08/1,90	2,29/2,09	2,25/2,39	2,05/2,12	2,17/2,13	0,34/0,38	0,11/0,11
HCP ₀₅ A	0,15/0,13	0,12/0,13	0,13/0,16	0,11/0,13			
<i>Содержание P_2O_5 в почве – 194...207 мг/кг (фактор В)</i>							
Контроль	1,93/1,79	2,11/1,90	1,95/2,03	1,72/1,83	1,93/1,89	–	–
N20K90	2,27/2,10	2,42/2,17	2,20/2,33	1,89/1,99	2,20/2,15	0,27/0,26	–
N20K90Pc45	2,32/2,07	2,46/2,15	2,23/2,37	1,92/2,03	2,23/2,16	0,30/0,27	0,03/0,01
N20K90Pф45	2,30/2,08	2,42/2,17	2,18/2,32	1,92/1,97	2,21/2,14	0,28/0,25	0,01/-
HCP ₀₅ A	0,11/0,12	0,12/0,14	0,12/0,16	0,14/0,11			
HCP ₀₅ B и AB	0,11/0,11	0,11/0,12	0,12/0,14	0,10/0,11			

Примечание: числитель – сорт Дикаф 14; знаменатель – сорт Фазан

В 2013 году на фонах с содержанием P_2O_5 в почве 83-89 и 139-145 мг/кг от применения НК-удобрений зерна Дикаф 14 дополнительно получено 0,23-0,31 т/га и примерно столько же сорта Фазан. На почве с высокой обеспеченностью подвижным фосфором они лучше отзывались на внесение азотно-калийных удобрений в 2012 году, где прибавка составила по первому сорту 0,34, по второму – 0,31 т/га. Максимальные прибавки от применения полного минерального удобрения при возделывании обоих сортов получены в 2012 г. на естественном фосфатном фоне (83-89 мг P_2O_5 /кг). Их величина варьировала от 0,50 до 0,58 т/га к контролю.

В среднем за 4 года на естественном (83-89 мг/кг) фосфатном фоне урожайность зерна обоих сортов была на уровне 1,6 т/га. С повышением обеспеченности почвы подвижным фосфором до повышенного и высокого содержания она возрастала соответственно на 0,20-0,23 т/га (13-14%) и 0,33-0,34 т/га (21-22%), что говорит о существенности влияния фосфатного состояния почвы на формирование урожайности зерна узколистного люпина.

Применение азотно-калийных удобрений на естественном фосфатном агрофоне в среднем за годы исследований повысило урожайность сортов узколистного люпина на 9-10%, на искусственно созданных – 13-15% к контролю. На почве с повышенным

содержанием подвижного фосфора с их внесением она в среднем поднялась на 18%, с высоким – на 26% к аналогичному варианту на естественном фосфатном агрофоне.

Максимально сорта отзывались на внесение фосфорных удобрений на фоне со средним содержанием P_2O_5 в почве, где дополнительный сбор зерна с гектара сорта Дикаф 14 при внесении суперфосфата в дозе $Pc45$ составил 0,32, а Фазана – 0,28 тонны. Применение фосфоритной муки, в той же дозе совместно с НК, повысило урожайность соответственно на 0,29 и 0,27 тонны. С переходом от средней к повышенной обеспеченности почвы P_2O_5 прибавки зерна снизились более чем в два раза, а на высоком фоне они отсутствовали.

Статистический анализ, выполненный методами множественной корреляции и регрессии по каждому сорту, выявил тесноту зависимости между урожайностью (Y , т/га) и взаимодействием двух факторов – внесением удобрений (x , кг/га) и обеспеченностью почвы подвижными фосфатами (z , мг P_2O_5 /кг):

$$Y = 1,36 + 0,0027x + 0,0031z, r^2 = 0,89 \text{ (сорт Дикаф 14)}$$

$$Y = 1,30 + 0,0026x + 0,0029z, r^2 = 0,88 \text{ (сорт Фазан)}$$

По форме связь линейная, по направлению – прямая. Коэффициенты множественной детерминации позволяют утверждать, что вариабельность урожайности для обоих сортов на 88 и 89% связана с действием изучаемых факторов.

Содержание элементов питания в зерне и вынос их основной продукцией

По результатам химического анализа зерна узколистного люпина Дикаф 14 и Фазана в среднем за годы исследований значимой разницы в накоплении азота, фосфора и калия по фонам не отмечалось. На удобренных вариантах содержание элементов питания в зерне несколько повысилось и составило по азоту 5,37-5,42%, фосфору – 1,09-1,13%, калию – 1,02-1,05%.

Вынос элементов питания определяло их содержание в зерне и величина урожайности. При возделывании узколистного люпина в среднем по вариантам опыта больше всего было вынесено азота на высоком фосфатном фоне: по сорту Дикаф 14-99, Фазан – 96 кг/га. Соответственно на повышенном агрофоне отчуждение составило – 96 и 92 кг/га, среднем – 87 и 84 кг/га. Принимая к сведению тот факт, что люпин связывает азот воздуха в процессе создания урожая, и учитывая коэффициент азотфиксации, равный 0,64, потребление его из почвы составило по изучаемым сортам всего 54-63 кг/га. Фосфора урожаем зерна вынесено с естественного фосфатного фона соответственно на 13-17%, калия – на 12-15% меньше, чем с искусственно созданных.

Выполненный корреляционно-регрессионный анализ подтвердил (табл. 4), что накопление элементов питания в зерне в основном зависело от уровня удобренности и в меньшей мере от обеспеченности почвы подвижным фосфором. Вариация содержания азота в зерне сортов люпина на 63-66%, фосфора – 51-53, калия – 46-73% связана с изучаемыми факторами.

Связь изучаемых факторов с выносом элементов питания является сильной. Вариабельность по вариантам опыта выноса азота на 90%, фосфора – 88%, калия – 89% зависела от уровня P_2O_5 в почве и применения минеральных удобрений.

Таблица 4 – Зависимости накопления элементов питания в зерне и их выноса от обеспеченности почвы подвижным фосфором и применения минеральных удобрений (опыт 2, среднее за 2012-2015 гг.)

Сорт	Элемент	Уравнение множественной регрессии	r^2
Содержание в зерне, %			
Дикаф 14	N	$Y_N = 5,39 + 0,0004x - 0,0003z$	0,66
	P	$Y_P = 1,05 + 0,0003x - 0,0002z$	0,53
	K	$Y_K = 1,0 + 0,0002x - 0,00002z$	0,46
Фазан	N	$Y_N = 5,39 + 0,0004x - 0,0005z$	0,63
	P	$Y_P = 1,1 + 0,0003x - 0,0002z$	0,51
	K	$Y_K = 1,05 + 0,0003x - 0,00009z$	0,73
Вынос элементов питания, кг/га			
Дикаф 14	N	$Y_N = 66 + 0,12x + 0,11z$	0,89
	P	$Y_P = 13 + 0,03x + 0,03z$	0,87
	K	$Y_K = 12 + 0,02x + 0,02z$	0,89
Фазан	N	$Y_N = 64 + 0,11x + 0,10z$	0,90
	P	$Y_P = 13 + 0,03x + 0,03z$	0,88
	K	$Y_K = 12 + 0,03x + 0,02z$	0,89

Примечание: Y – содержание и вынос N, P, K; x – доза удобрения, кг/га; z – уровень P_2O_5 в почве

Качество зерна узколистного люпина в зависимости от фосфатного состояния почвы и применения минеральных удобрений

В опыте №2 в среднем за 4 года содержание сырого белка в зерне сорта Дикаф 14 составило 34,8%, в зерне сорта Фазан – 34,2%. Сильного варьирования как между фосфатными агрофонами, так и вариантами удобрений не наблюдалось. Рассчитанные модели зависимости между содержанием сырого белка (Y , %) и взаимодействием двух факторов – внесением удобрений (x , кг/га) и обеспеченностью почвы подвижными фосфатами (z , mgP_2O_5/kg) имеют следующий вид:

$$Y = 33,66 + 0,003x - 0,002z; r^2 = 0,74 \text{ (сорт Дикаф 14)}$$

$$Y = 33,76 + 0,002x - 0,003z; r^2 = 0,58 \text{ (сорт Фазан)}$$

По форме связь линейная, по направлению – прямая, значима на 1% -ном уровне. Судя по коэффициентам множественной детерминации вариабельность содержания сырого белка в зерне Дикаф 14 на 74%, а Фазан на 58% связана с действием изучаемых факторов.

Средневзвешенный выход сырого белка при возделывании узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан на агрофоне со средним содержанием подвижного фосфора составил соответственно 542 и 524 кг/га, с повышением обеспеченности почвы P_2O_5 выход увеличился на 10-16%. Выявленные межфакториальные закономерности, подтвержденные уравнениями множественной регрессии: для сорта Дикаф 14 – $Y = 410 + 0,07x + 0,07z$, для сорта Фазан – $Y = 401 + 0,07x + 0,07z$ с коэффициентами множественной детерминации 0,87 и 0,90, указывают на тесную связь между изучаемыми факторами и сбором белка с единицы площади.

Полноценность корма определяется качеством белка, в том числе его аминокислотным составом. Максимальная общая сумма аминокислот в белке зерна отмечена в

варианте N20K90, и для сорта Дикаф 14 составила 17,84 % на агрофоне с высоким содержанием подвижных фосфатов, а для сорта Фазан – 22,36%, но с повышенной обеспеченностью P_2O_5 . Важной составляющей белкового комплекса является доля незаменимых аминокислот. По этим вариантам в белке зерна содержалось соответственно 8,04 % и 10,22% их количества. Применение фосфорных удобрений совместно с азотными улучшали аминокислотный состав только на естественном агрофоне.

Динамика засоренности посевов узколистного люпина Дикаф 14 при разных способах основной обработки почвы и применении гербицида

Из данных таблицы 5 следует, что применение вспашки на 20-22 см способствовало замедлению роста численности сорных растений в сравнении с двумя другими обработками почвы, независимо от того, применяли гербицид или нет. Так, по этой обработке численность сорняков по фазам развития узколистного люпина на безгербицидном фоне за вегетационный период увеличилась в 1,5 раза, при безотвальном рыхлении и дисковании – в 1,8-2 раза. Максимальный рост числа сорняков к фазе спелого боба без применения гербицида отмечен по дискованию на 10-12 см.

Таблица 5 - Влияние способов основной обработки почвы и гербицида на засорённость посевов узколистного люпина (опыт 1, среднее за 2013-2015 гг.)

Обработка почвы	Фон	Численность сорняков, шт./м ²			Биологическая эффективность, %		
		фаза развития			фаза развития		
		3-4 листа	цветение	спелый боб	3-4 листа	цветение	спелый боб
Вспашка на 20-22 см	безгербицидный	81	109	126	–	–	–
	гербицидный	28	63	84	65,4	42,2	33,3
Безотвальное рыхление на 30-32 см	безгербицидный	83	129	168	–	–	–
	гербицидный	42	74	106	49,4	42,6	36,9
Дискование на 10-12 см	безгербицидный	99	158	175	–	–	–
	гербицидный	52	84	114	47,5	46,8	34,9

Известно, что наилучший результат в системе мер борьбы с сорняками достигается при оптимальном сочетании агротехнических и химических приемов. Довсходовое внесение почвенного гербицида прометрина положительно повлияло на снижение засоренности посевов узколистного люпина в период вегетации. Биологическая эффективность препарата была наивысшей по вспашке в фазу 3-4 листа – 65%, а в фазы цветения и спелого боба практически равной по всем обработкам почвы.

Численность сорняков тесно коррелировала с сухой массой по обработкам почвы и фонам ($r = 0,97-0,99$). В среднем за годы исследований максимальные значения сухой массы сорняков в посевах узколистного люпина Дикаф 14 отмечены по дискованию на 10-12 см на безгербицидном фоне: в фазу 3-4 листьев – 11, цветение – 100, спелого боба – 172 г/м² (табл. 6).

Таблица 6 - Накопление сухой массы сорными растениями по фазам развития узколистного люпина Дикаф 14 (опыт 1, среднее за 2013-2015 гг.), г/м²

Обработка почвы	Фон	Фаза развития		
		3-4 листа	цветение	спелый боб
Вспашка на 20-22 см	безгербицидный	9	59	130
	гербицидный	5	44	77
Безотвальное рыхление на 30-32 см	безгербицидный	11	95	167
	гербицидный	4	50	87
Дискование на 10-12 см	безгербицидный	11	100	172
	гербицидный	5	54	93

Меньшая сухая масса сорняков по фазам развития была по вспашке на гербицидном фоне, соответственно 5; 44; 77 г/м². Динамика её снижения, в сравнении с безгербицидным фоном, отмечена по двум другим обработкам почвы

Следовательно, применение гербицида прометрин в сочетании с основными способами обработки почвы способствовало снижению засоренности, что в свою очередь, положительно отразилось на росте и развитии самой культуры и в конечном итоге - на урожайности зерна узколистного люпина.

Влияние основной обработки почвы и гербицида на развитие корневой системы узколистного люпина Дикаф 14

Следует акцентировать внимание на таком вопросе, как влияние разноглубинных способов основной обработки на развитие корневой системы зернобобовых культур, и в частности узколистного люпина. В научных публикациях последних лет он отражен не в полной мере.

Из таблицы 7 видно, что наиболее мощная корневая система у люпина развивалась по вспашке на 20-22 см на гербицидном фоне, где в слое 0-20 см располагалась 77-78% массы корней.

Таблица 7 - Распределение корневой системы по профилю почвы в зависимости от технологий возделывания узколистного люпина Дикаф 14 (опыт 1, 2013 г.)

Обработка почвы	Фон	Слой почвы, см						Сумма, т/га
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Вспашка на 20-22 см	безгербицидный	0,73	41	0,64	36	0,41	23	1,78
	гербицидный	0,84	40	0,79	38	0,46	22	2,09
Безотвальное рыхление на 30-32 см	безгербицидный	0,60	36	0,58	35	0,49	29	1,67
	гербицидный	0,68	35	0,72	37	0,54	28	1,94
Дискование на 10-12 см	безгербицидный	0,74	49	0,48	32	0,29	19	1,51
	гербицидный	0,86	47	0,64	35	0,33	18	1,83
<i>HCP₀₅</i>		0,07		0,10		0,08		

В варианте с безотвальным рыхлением на 30-32 см в слое почвы 0-10 см сосредоточено 35-36%, слое 10-20 см – 35-37% и слое 20-30 см – 28-29% корневой

массы. По дискованию на 10-12 см наибольшая массовая доля корней располагалась в слое 0-10 см – 47-49%, несколько меньше в слое 10-20 см – 32-35%, в слое 20-30 см массовая доля корней составила лишь 18-19%.

Таким образом, слои почвы, залегающие глубже 20 см, при дисковании на 10-12 см были освоены корнями узколистного люпина слабее, чем при вспашке на 20-22 см и безотвальном рыхлении на 30-32 см.

Роль основных обработок почвы в оптимизации водно-физических свойств

В *опыте №1* по результатам трехлетних исследований (2013-2015 гг.) применяемые способы обработки почвы неодинаково повлияли на перераспределение влаги по профилю почвы в посевах узколистного люпина (табл. 8). Влажность почвы в слое 0-10 см во всех вариантах практически не менялась и равнялась 18,4-18,7%, а в слое 20-30 см – максимально снижалась до 11,6% по дискованию на 10-12 см и минимально до 15,6% – при безотвальном рыхлении на 30-32 см.

Таблица 8- Влияние способов обработки на влажность, плотность и твердость почвы (опыт 1, среднее за 2013-2015 гг.)

Обработка почвы	Слой почвы, см	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Твердость, кг/см ²
Вспашка на 20 - 22 см	0-10	18,7	1,18	13,7
	10-20	17,6	1,25	17,6
	20-30	14,1	1,32	26,7
Безотвальное рыхление на 30 - 32 см	0-10	18,7	1,19	15,5
	10-20	17,5	1,27	18,5
	20-30	15,6	1,29	23,3
Дискование на 10 - 12 см	0-10	18,4	1,21	20,5
	10-20	14,0	1,33	26,7
	20-30	11,6	1,38	34,4

Плотность почвы в слое 0-10 см снижалась по вспашке на 5,6%, безотальному рыхлению – на 4,8%, дискованию – на 3,2% в сравнении с исходными показателями (0-10 см - 1,25 г/см³; 10-20 см - 1,38 г/см³; 20-30 см - 1,42 г/см³).

В слоях 10-20 см и 20-30 см вспашка способствовала снижению значения по данному показателю на 9,5 и 7,1%, безотвальное рыхление - на 8,0 и 9,2 % соответственно. При дисковой поверхностной обработке значимых изменений не отмечалось. По твердости отмечалась аналогичная тенденция.

Таким образом, основные способы обработки почвы способствовали оптимизации агрофизических показателей дерново-подзолистой почвы.

Поступление органического вещества и элементов питания в почву при возделывании узколистного люпина

После возделывания узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан без внесения удобрений на фоне со средней обеспеченностью P₂O₅ (83-89 мг/кг) в почве осталось соответственно 5,43 и 5,19 т/га органического вещества. С ростом урожайности на искусственно созданных фосфатных агрофонах его количество увеличи-

лось: повышенном - после Дикаф 14 на 0,77 т/га, Фазан – на 0,44 т/га; высоком - соответственно на 1,19 и 1,26 т/га (табл. 9).

Таблица 9 – Накопление органического вещества и элементов питания в почве (опыт 2, среднее за 2012-2015 гг.)

Вариант	Масса ПКО + солома, т/га с.в.	Количество органического вещества, т/га	Содержание в ПКО + солома, кг/га			Количество биологического азота, кг/га
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
<i>Содержание P₂O₅ в почве – 83...89 мг/кг</i>						
Контроль	4,48/4,29	5,43/5,19	65,7/63,3	16,1/16,3	34,0/32,9	44,7/43,0
N20K90	4,67/4,63	5,99/5,57	74,7/70,3	16,9/16,5	40,8/39,5	50,7/47,7
N20K90Pc45	5,62/5,30	6,78/6,37	83,7/79,8	23,2/22,6	46,6/43,4	56,8/54,1
N20K90Pф45	5,54/5,27	6,67/6,35	82,9/80,1	22,7/21,6	44,9/44,5	56,3/54,4
<i>Содержание P₂O₅ в почве – 139...145 мг/кг</i>						
Контроль	5,12/4,84	6,20/5,63	74,1/72,1	17,8/18,4	39,2/38,3	50,3/48,9
N20K90	5,69/5,53	6,89/6,41	84,5/85,3	20,8/21,1	46,7/47,0	57,5/57,9
N20K90Pc45	6,04/5,81	7,24/6,72	87,6/86,2	24,9/25,6	47,3/46,8	59,4/58,6
N20K90Pф45	5,91/5,71	7,16/6,59	84,7/83,3	24,0/23,4	47,8/45,8	57,6/56,7
<i>Содержание P₂O₅ в почве – 194...207 мг/кг</i>						
Контроль	5,45/5,31	6,62/6,45	76,0/79,7	20,3/20,9	41,3/41,7	51,7/54,1
N20K90	5,98/5,93	7,23/7,17	85,9/84,3	22,0/23,5	48,6/48,8	58,3/59,9
N20K90Pc45	6,19/5,91	7,50/7,14	87,9/88,1	26,2/23,8	51,0/46,5	59,8/57,3
N20K90Pф45	6,09/5,81	7,36/7,01	85,0/82,1	24,2/21,6	48,3/44,9	57,5/55,8

Примечание: числитель – сорт Дикаф 14; знаменатель – сорт Фазан

При внесении азотно-калийных удобрений по фосфатным фонам запахивалось с пожнивно-корневыми остатками (ПКО) и соломой от 5,99 до 7,23 т/га органического вещества, оставшихся после Дикаф 14 и от 5,57 до 7,17 т/га – после Фазана. Совместное их внесение с фосфорными удобрениями разной растворимости увеличило остаточную органическую массу обоих сортов люпина по всем фосфатным фонам соответственно на 22-24, 16-18 и 10-12%.

С ПКО+солома максимальное количество элементов питания поступило в почву в варианте с применением суперфосфата на фоне N20K90. На естественном фосфатном агрофоне после возделывания сортов Дикаф 14 и Фазан в почве осталось, в расчете на гектар пашни, соответственно: 83,7 и 79,8 кг общего азота; 23,2 и 22,6 кг фосфора; 46,6 и 43,4 кг калия. На повышенном и высоком фосфатных агрофонах было запахано: общего азота - 86-88 кг/га; фосфора – 24-26 кг/га; калия – 57-60 кг/га.

Расчеты по накоплению в почве биологического азота показали, что на почве со средним содержанием подвижных фосфатов (83-89 мг/кг) его количество находилось (в среднем по вариантам и сортам) на уровне 51 кг/га, а повышенном (139-145 мг/кг) и высоком (194-207 мг/кг) – соответственно на 10 и 12% больше.

Следовательно, улучшение фосфатного состояния способствовало значительно накоплению в почве органического вещества и элементов питания, в т.ч. биологического азота, без учета которого нельзя правильно обосновать дозы азотных удобрений в севообороте.

Энергетическая и агроэкономическая эффективность приемов возделывания узколистного люпина на зерно

Расчет энергетической эффективности изучаемых способов основной обработки почвы и применения гербицида показал, что на гербицидном фоне по вспашке выход общей энергии и чистый энергетический доход получены максимальные, а энергетическая себестоимость одной тонны зерна минимальная.

Увеличение содержания энергии в зерне на повышенном и высоком фосфатных агрофонах, по сравнению со средним, составило 14-20%, а чистый энергетический доход увеличился в два и более раз. При этом, энергетическая себестоимость 1 тонны основной продукции практически не менялась.

Повышение фосфатного состояния почвы не отразилось на энергетической эффективности НК-удобрений, прибавка чистого энергодохода по фонам находилась практически на одном уровне. Максимальный дополнительный чистый энергетический доход от применения фосфорных удобрений разной растворимости получен на среднем фосфатном агрофоне.

Более выгодным, с точки зрения экономической эффективности, выращивание узколистного люпина на зерно было по вспашке на 20-22 см и безотвальном рыхлении на 30-32 см на гербицидном фоне, где условный чистый доход составил 1311 и 1000 руб/т, а уровень рентабельности – 9,2 и 6,9% соответственно.

Улучшение фосфатного состояния почвы оказывало различное влияние на агроэкономическую эффективность применения минеральных удобрений при возделывании узколистного люпина. Так, на почве с повышенным и высоким содержанием подвижных фосфатов окупаемость 1 кг д.в. дополнительной продукцией была выше на 50 и 78%, чем на почве со средним содержанием. Себестоимость 1 т продукции снизилась на 80-87%, а условный чистый доход и рентабельность возросли более чем в два раза.

Наибольшая окупаемость 1 кг P_2O_5 фосфорных удобрений получена на фоне с содержанием подвижного фосфора в почве 83-89 мг/кг – 7,1 кг зерна при использовании суперфосфата и 6,4 кг – фосфоритной муки. На повышенном фосфатном агрофоне их окупаемость снизилась наполовину, а себестоимость продукции - на 4%, условный чистый доход вырос на 18%. При этом, рентабельность составила 24,1-27,1%. На высоком фосфатном фоне рост показателей не отмечен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Максимальная урожайность зерна люпина узколистного Дикаф 14 в опыте №1 получена по вспашке на гербицидном фоне - 1,89 т/га благодаря меньшей засоренности посевов и лучшим агрофизическим свойствам почвы. При этом, во всех вариантах опыта она сильно положительно коррелировала с массой 1000 зерен, массой зерна с растения, числом зерен с боба, числом растений к уборке имели ($0,88 \pm 0,07$; $0,85 \pm 0,12$; $0,78 \pm 0,11$; $0,81 \pm 0,13$). Согласно рассчитанным индексам детерминации урожайность на 61-77% определялась показателями её структуры.

2. В целом по опыту №2 среднегодовая урожайность узколистного люпина в контроле на почве со средним содержанием подвижного фосфора составила 1,57 т/га. С улучшением фосфатного состояния почвы она возросла на 13-22%. Применение НК-удобрений на естественном фосфатном агрофоне повысило урожайность к контролю на 9-10%, а на искусственно созданных - на 13-15%. Максимально сорта отзывались на вне-

сение фосфорных удобрений на фоне со средним содержанием P_2O_5 в почве, дополнительный сбор зерна с гектара от их внесения составил 0,29 т/га.

3. Применение минеральных удобрений на фосфатных фонах не оказывало заметного влияния на содержание элементов питания в зерне, а их вынос возрастал с увеличением урожайности. С учетом биологической азотфиксации ($K = 0,64$) вынос азота из почвы основной продукцией изучаемых сортов составил 54-61 кг/га. В сравнении со средним фосфатным агрофоном, на повышенном вынос фосфора и калия увеличился на 12-13%, высоком – на 15-17%.

4. За годы исследований содержание белка в зерне изучаемых сортов изменялось незначительно – 33,2-34,0%. На агрофоне со средним содержанием подвижного фосфора средневзвешенный выход сырого белка составил для сортов Фазан и Дикаф 14 соответственно 524 и 542 кг /га, на повышенном фосфатном фоне он увеличился на 10%, высоком – на 15-16%. Максимальная общая сумма аминокислот (17,84%) и доля незаменимых (8,04%) в белке зерна сорта Дикаф 14 выявлена в варианте N20K90 на высоком фосфатном фоне, а сорта Фазан - 22,36% и 10,22% на повышенном, соответственно в N20K90 и контроле.

5. Безотвальное рыхление на 30-32 см и поверхностная дисковая обработка на 10-12 см в меньшей степени, чем вспашка на 20-22 см, снижали рост численности сорных растений. Биологическая эффективность прометрина в отношении однолетней сорной растительности в посевах люпина по способам обработки почвы составляла соответственно: в фазу листовой розетки 65,4; 49,4 и 47,5%; в фазу цветения – 42,2; 42,6 и 46,8%; в фазу спелого боба – 33,3; 36,9 и 34,9%. Против многолетних сорняков препарат оказался неэффективным.

6. По отвальной вспашке у сорта Дикаф 14 основная масса корней (78%) располагалась в пахотном слое 0-20 см. В варианте с безотвальным рыхлением в слое 0-10 см располагалось 35-36%; 10-20 см – 35-37; 20-30 см – 28-29% массы корней. По поверхностной обработке наибольшая доля корней сосредотачивалась в слое 0-10 см – 47-49%. Способы обработки почвы по-разному влияли на водно-физические показатели. Оптимальные значения в пахотном и подпахотном слоях почвы отмечены по вспашке и безотальному рыхлению.

7. Возделывание узколистного люпина Дикаф 14 и Фазан на зерно повышало содержание органического вещества в почве. В контроле на естественном агрофоне пожнивно-корневых остатков вместе с соломой запахивалось от 5,2 до 5,4 т/га органического вещества, на искусственно созданных – от 5,6 до 6,6 т/га. Внесение азотно-калийных удобрений увеличивало его массу по фонам на 7-14% к контролю, а совместное их внесение с фосфорными удобрениями на естественном фосфатном фоне – на 22-24%, повышенном – 16-18, высоком – на 10-12%.

8. После запахивания пожнивно-корневых остатков и соломы в почве на неудобренных вариантах по фосфатным фонам в среднем осталось 65 -78 кг/га общего азота, от внесения НК-удобрений его количество увеличилось на 12%. При использовании НРК-удобрений наибольший (25%) прирост к контролю отмечен на естественном фосфатном агрофоне.

9. Максимальный выход энергии (44,07 ГДж/га), чистый энергетический доход (7,53 ГДж/га) и минимальная (19,33 ГДж) энергетическая себестоимость 1 тонны зерна получены на гербицидном фоне по вспашке.

Содержание энергии в зерне люпина на повышенном и высоком фосфатных агрофонах, по сравнению со средним, увеличилось на 14-20%, а чистый энергетический

доход - в два и более раз. Улучшение фосфатного состояния почвы практически не отразилось на энергоэффективности НК-удобрений. Максимальный биоэнергетический коэффициент посевов отмечен в варианте N20K90Pc45 на фоне с содержанием P_2O_5 в почве 139-145 мг/кг почвы

10. Рентабельность производства зерна узколистного люпина на гербицидном фоне по вспашке составила 9,2%, по безотвальной обработке - 6,9%, по поверхностной обработке оказалось нерентабельным. Оплата 1 кг д.в. NPK-удобрений прибавкой урожая на почве с повышенным и высоким содержанием подвижных фосфатов была больше на 50-78%, чем на фоне со средней обеспеченностью P_2O_5 . При этом себестоимость 1 т продукции снизилась на 80-87%, а условный чистый доход и рентабельность возросли более чем в два раза. Максимальная окупаемость фосфорных удобрений получена на фоне с содержанием P_2O_5 в почве 83-89 мг/кг.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для условий Смоленской области и граничащих с ней регионов Центрального Нечерноземья РФ для получения 2,0-2,5 т/га зерна и 0,8 т/га растительного белка на дерново-среднеподзолистых легкосуглинистых почвах рекомендуется возделывать сорта люпина узколистного Дикаф 14 и Фазан при средней и повышенной обеспеченности почвы подвижным фосфором и внесении минеральных удобрений в дозах N20-30P45K90.

При этом следует применять отвальную вспашку на 20-22 см или безотвальное рыхление на 30-32 см и до посева вносить гербицид – прометрин, в дозе 2,5 кг/га.

Перспективы дальнейшей разработки направления исследований:

1. Проведение научных исследований по влиянию технологических приемов на фотосинтетическую деятельность растений люпина узколистного.
2. Изучение влияния бактериальных препаратов на урожайность и азотфиксирующую способность узколистного люпина.
3. Исследование изменения плодородия дерново-подзолистой почвы, баланса органического вещества и элементов питания при возделывании узколистного люпина на разноцелевое использование

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. **Дышко В.В.**, Капранов В.Н., Дышко В.Н., Вьюгин С.М. Роль фосфатного состояния почвы и удобрений в формировании урожайности и качества зерна люпина узколистного // Плодородие. №5. 2015. - С. 19-21 (личный вклад – 0,285 усл. п.л.).
2. **Дышко В.В.**, Капранов В.Н., Дышко В.Н., Вьюгин С.М. Формирование урожая и качества зерна люпина узколистного на дерново-подзолистой почве с разной обеспеченностью подвижными фосфатами // Проблемы агрохимии и экологии. №3. 2015. - С. 31-36 (личный вклад – 0,563 усл. п.л.).
3. **Дышко В.В.**, Вьюгин С.М., Дышко В.Н. Оптимизация базовых агрофизических параметров почвы при возделывании *Lupinus angustifolus* L. на зерно // Известия Смоленского государственного университета. №2/1. 2015.- С. 77-81 (личный вклад – 0,420 усл. п.л.).

Статьи в аналитических сборниках, материалах конференций

4. **Дышко В.В.**, Дышко В.Н., Вьюгин С.М., Рьженкова Т.В. Урожайность зерна люпина узколистного в зависимости от условий выращивания // Сб. Международной научно-практической конференции «Инновации как фактор развития АПК и сельских территорий». Смоленск, 2013. - С. 19-24 (личный вклад – 0,281 усл. п.л.).

5 **Дышко В.В.** Технология возделывания люпина узколистного на зерно // Сб. материалов 39-ой студенческой научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса», ч. 2. Смоленск, 2014. - С. 197-201 (0,313 усл. п.л.).

6. **Дышко В.В.**, Дышко В.Н., Вьюгин С.М. Влияние фосфатного агрофона и удобрений на урожайность зерна люпина узколистного // Сб. научно-практической конференции «Проблемы и тенденции развития сельскохозяйственного производства в современных условиях», в Приднестровском Госуниверситете им. Т.Г. Шевченко, Тирасполь (ПМР), 2014. - С. 67-72 (личный вклад – 0,281 усл. п.л.).

7. Вьюгин С.М., **Дышко В.В.** Интродукция LUPINUS ANGUSTIFOLIUS L. в Смоленской области // Сб. статей «Биологические науки в школе и вузе», Смол. гос. ун-т. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2014. Вып.15. - С. 31-35 (личный вклад – 0,234 усл. п.л.).

8. **Дышко В.В.**, Вьюгин С.М. Эффективность основной обработки почвы в посевах люпина узколистного // Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Приоритеты развития АПК в современных условиях», посвященной 40-летию ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». Ч.2. Смоленск, 2014. - С. 101-103 (личный вклад – 0,141 усл. п.л.).

9. **Дышко В.В.**, Вьюгин С.М., Дышко В.Н., Капранов В.Н. Возделывание люпина узколистного на зерно // Сб. материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». Ч.2. Смоленск, 2014. - С. 104-107 (личный вклад – 0,188 усл. п.л.).

10. **Дышко В.В.**, Капранов В.Н., Дышко В.Н., Вьюгин С.М. Влияние фосфатного состояния почвы и минеральных удобрений при возделывании люпина узколистного // Сб. матер. научных чтений «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства», посвящ. памяти член-корр. РАСХН и НАН КР, академика МАЭП и РАВН Я.В. Бочкарёва. Рязань. 2014. - С. 75-79 (личный вклад – 0,234 усл. п.л.).

11. **Дышко В.В.** Управление факторами оптимизации элементов технологии возделывания люпина узколистного на зерно в условиях Центрального региона России // Сб. VII областной выставки научно-технического творчества молодежи «НТТМ-Смоленск 2015», филиал ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Смоленск. 2015. - С. 83-85 (0,188 усл. п.л.).

12. **Дышко В.В.**, Вьюгин С.М., Дышко В.Н. Адаптивные технологии возделывания *Lupinus angustifolus* как фактор экологической безопасности и высокой продуктивности агроценозов / Биологические науки в школе и вузе: сборник статей Смол. гос. ун-та. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2015. - С. 35-41 (личный вклад – 0,328 усл. п.л.).

13. **Дышко В.В.**, Романенко П.В., Морозова Н.П. Содержание леггемоглобина в клубеньках люпина узколистного в зависимости от фосфатного состояния почвы // Здоровое питание как основа национальной безопасности страны. Сборник научных статей. Смоленск: Универсум, 2015. - С. 130-136 (личный вклад – 0,328 усл. п.л.).

14. **Дышко В.В.**, Вьюгин С.М., Дышко В.Н. Продуктивность люпина узколистного в зависимости от способов основной обработки почвы и гербицида в условиях Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации// Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы». Ч.2, Смоленск, 2015. - С. 335-343 (личный вклад – 0,422 усл. п.л.).

15. Морозова Н.П., Романенко П.В., **Дышко В.В.**, Дышко В.Н. Динамика содержания леггемоглобина в клубеньках LUPINUS FNGUSTIFOLIUS сорта Дикаф 14 в зависимости от фосфатного агрофона// Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы». Ч.2. Смоленск, 2015. - С. 389-395 (личный вклад – 0,328 усл. п.л.).