

Казахский агротехнический исследовательский университет имени
С. Сейфуллина

УДК 631.421:631.423:631.81:635.658

На правах рукописи

ЖАНЗАКОВ БАХТИЯР ЖЕТПИСПАЕВИЧ

**Разработать приемы управления плодородием почв, обеспечивающие
реализацию потенциальной продуктивности чечевицы в сухостепной зоне
Северного Казахстана**

6D080800 – Почвоведение и агрохимия

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научный консультант
доктор сельскохозяйственных наук,
академик НАН ВШК РК,
профессор
В.Г. Черненко

Зарубежный научный консультант
доктор сельскохозяйственных наук,
академик МААО,
профессор
Т.Ф. Персикова

Республика Казахстан
Астана, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	7
ВВЕДЕНИЕ	8
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1 Народно-хозяйственная значимость.....	12
1.2 Биологические особенности чечевицы.....	14
1.3 Особенности минерального питания чечевицы.....	19
1.4 Отзывчивость чечевицы на минеральные удобрения.....	23
2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	32
2.1 Агрохимическая характеристика почв.....	32
2.2 Климат.....	34
2.3 Методика исследований.....	37
2.4 Краткая характеристика сортов.....	39
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	41
3.1 Метеорологические условия в годы исследований.....	41
3.3.1 Содержание гумуса в почве опытного участка.....	46
3.2 Динамика продуктивной влаги.....	43
3.3 Условия минерального питания.....	45
3.3.1 Содержание гумуса в почве опытного участка.....	46
3.3.2 Сумма поглощённых оснований.....	47
3.3.3 Реакция почвенной среды.....	48
3.3.4 Содержание и динамика минерального азота в почве.....	49
3.3.5 Содержание и динамика подвижного фосфора.....	52
3.3.6 Содержание и динамика подвижных форм калия.....	56
3.4 Влияние почвенно-климатических условий и минеральных удобрений на развитие чечевицы.....	58
3.5 Влияние различных уровней минерального питания и удобрений на формирование урожайности чечевицы.....	67
4 ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ И ПРИЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ	72
5 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЧЕЧЕВИЦЫ	79
5.1 Влияние различных уровней минерального питания и удобрений на структурные компоненты урожайности чечевицы.....	79
5.2 Влияние различных уровней минерального питания и удобрения на качество чечевицы.....	81
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИЕМОВ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	93
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Акт внедрения	109

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Содержание гумуса, Ca+Mg, Ca, pH в почве.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Содержание и динамика азота нитратов в почве в период вегетации чечевицы.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом сортов чечевицы.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Содержание и динамика P ₂ O ₅ в почве в период вегетации чечевицы.....	117
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Влияние удобрений на содержание подвижного фосфора в почве перед посевом сортов чечевицы, мг/кг почвы в слое 0-20 см, 2018-2020 гг.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Содержание и динамика K ₂ O в почве в период вегетации чечевицы.....	120
ПРИЛОЖЕНИЕ И – Влияние удобрений на содержание K ₂ O перед посевом сортов чечевицы в слое 0-20 см, мг/кг почвы.....	122
ПРИЛОЖЕНИЕ К – Структурный анализ чечевицы.....	123
ПРИЛОЖЕНИЕ Л – Влияние удобрений на химический состав семян и соломы чечевицы.....	127
ПРИЛОЖЕНИЕ М – Расчет экономической эффективности применения удобрений.....	130

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:
ГОСТ 7.32-2001. Межгосударственный стандарт. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 20432-83. Удобрения. Термины и определения (с Изменением №1).

ГОСТ 17.4.4.02-84. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

ГОСТ 28268-89. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.

ГОСТ 26951-86. Межгосударственный стандарт. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

ГОСТ 26205-91. Межгосударственный стандарт. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина.

ГОСТ 26213-91. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения органического вещества.

ГОСТ 26428-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке.

ГОСТ 26483-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО.

ГОСТ Р 54390-2011/ISO/TS 16634-2:2009. Межгосударственный стандарт. Продукты пищевые. Определение общего содержания азота путем сжигания и расчет содержания белка. Часть 2. Зерновые, бобовые и молотые зерновые продукты.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Агрохимия – наука о взаимодействии удобрений, почвы, растений и климата, круговороте веществ в земледелии и рациональном применении удобрений.

Агрохимическая характеристика почвы – совокупность агрохимических показателей, характеризующих плодородие почвы.

Азотфиксация – усвоение молекулярного атмосферного азота микроорганизмами.

Азотное удобрение – удобрение, содержащее азот в усвояемой растениями форме.

Аммонификация – разложение азотсодержащих органических веществ микроорганизмами с образованием аммиака.

Аммонийно-нитратное удобрение – азотное удобрение, содержащее азот в аммонийной и нитратной формах.

Богарные земли – земли, на которых сельскохозяйственные культуры выращиваются без орошения.

Валовый азот почвы – общее содержание азота в почве.

Вынос питательных элементов из почвы – количество питательных элементов, отчуждаемых из почвы урожаем основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур на единицу площади.

Гумус – органическая, обычно темноокрашенная, часть почвы, образующаяся в результате биохимического превращения растительных и животных остатков.

Действующее вещество – основной питательный элемент, содержащийся в удобрении. Наименование питательного элемента и его содержание в агрохимикатах, выраженное в процентах.

Доза удобрения – количество удобрения, вносимое под сельскохозяйственную культуру за один прием.

Калийное удобрение – удобрение, в котором действующим веществом является калий.

Минеральное питание растений – поглощение и усвоение питательных элементов растениями в минеральной форме.

Минеральное удобрение – удобрение промышленного или ископаемого происхождения, содержащее питательные элементы в минеральной форме.

Нитрификация – окисление аммонийных ионов нитрифицирующими бактериями до нитритов и нитратов.

Обменный калий – калий почвы, способный к обмену на другие катионы.

Объединенная проба (образец) – смесь индивидуальных (точечных) проб, отобранных в пределах элементарного участка.

Пахотный слой – слой почвы, подвергаемый регулярной механической обработке.

Питательный режим почвы (Пищевой режим почвы) – содержание питательных элементов в почве в доступной для растений форме в течение вегетационного периода.

Питательный элемент – элемент, необходимый для роста и развития растений. Питательные элементы подразделяются на три группы: главные питательные элементы – N, P, K, макроэлементы – N, P, K, Ca, Mg, S, элементы, содержащиеся в растениях и почве в количестве от нескольких процентов до их сотых долей в расчете на сухое вещество, микроэлементы – B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo, Fe и другие элементы, содержащиеся в растениях и почве в количестве не более тысячных долей процента в расчете на сухое вещество.

Плодородие почвы – свойства почвы способные обеспечивать растения усвояемыми питательными веществами, влагой и давать урожай.

Подвижные фосфаты почвы – фосфаты почвы, переходящие в слабокислые, солевые и слабощелочные вытяжки.

Последствие удобрения – действие удобрения, внесенного под предшествующие культуры, на второй и последующие годы.

Почва – особое природное образование, обладающее рядом свойств, присущих живой и неживой природе, состоящее из генетически связанных горизонтов (образуют почвенный профиль), возникающих в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием воды, воздуха и организмов.

Почвенный поглощающий комплекс – высокодисперсная минеральная и органическая части почвы, обуславливающие ее способность поглощать и обменивать ионы.

Сумма поглощенных оснований – общее количество поглощенных оснований в почве.

Удобрение – вещество для питания растений и повышения плодородия почвы.

Физиологически кислое удобрение – удобрение, при внесении которого подкисляется почва из-за преимущественного использования растениями катионов.

Физиологически щелочное удобрение – удобрение, при внесении которого подщелачивается почва из-за преимущественного использования растениями анионов.

Фосфорное удобрение – удобрение, содержащее фосфор в усвояемой растениями форме.

Чечевица (*Lens culinaris*) – травянистое растение, вид рода Чечевица (*Lens*), семейства Бобовые (*Fabaceae*).

Эффективность удобрения – показатель, характеризующий степень положительного влияния удобрения на урожай, его качество и плодородие почвы.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

га	– гектар
г	– грамм
гг.	– годы
г/100 растений	– грамм на 100 растений
Д _P	– доза фосфорных удобрений, кг д.в. на га
Д _N	– доза азотных удобрений, кг д.в. на га
КФК	– концентрационный фотоэлектрический фотометр
м	– метр
мм	– миллиметр
мг/кг	– миллиграмм на килограмм
ПКувл.	– поправочный коэффициент на увлажнения
ППК	– почвенный поглощающий комплекс
с/х	– сельскохозяйственный год
см	– сантиметр
тг	– тенге
ц/га	– центнер на гектар
ЦИНАО	– Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства
«О»	– контрольный вариант без применения удобрений
Са	– кальций
К ₂ O	– оксид калия
Mg	– магний
NO ₃	– оксид азота (нитраты)
N-NO ₃	– азот нитратов
P ₂ O ₅	– пента оксид фосфора (V)
°C	– показатель температуры по градуснику Цельсия
%	– процент
ГТК	– гидротермический коэффициент

ВВЕДЕНИЕ

Важную роль в повышении продовольственной безопасности и наращивании производственного потенциала нашей страны играет сельское хозяйство, основной задачей которого является полное обеспечение страны собственным продовольствием.

Локомотивом в осуществлении данной задачи стоит диверсификация зернового производства, как механизм, предназначенный для снижения рисков, связанных с выращиванием монокультуры – пшеницы [1, 2]. Площади посевов других культур незначительны. Известно, что в структуре посевов доля зернобобовых культур должна составлять 12-15%. В связи с чем, в структуру посева внедряются новые культуры и сорта, которые требуют всестороннего изучения. К ним относится и чечевица [3, 4].

Чечевица (*Lens culinaris* L.) является богатым источником высококачественного белка. Эта культура многопланового использования. В зерне чечевицы содержится от 21 до 31% белка [5], а в сухом веществе зеленой массы от 18 до 20%, то есть в 2 раза больше, чем в зерне злаковых культур [6]. Чечевица более засухоустойчива, чем горох, но уступает нуту, чине, слабо поражается вредителями и болезнями, не полегает [7, 8].

Большое значение чечевицы заключается также в том, что она является хорошим предшественником для других сельскохозяйственных культур. Корневая система чечевицы со стержневым корнем равномерно и густо пронизывает верхние слои почвы. Кроме того, корневая система чечевицы способна разлагать труднодоступные для других растений фосфаты почвы [9, 10].

Чечевица конкурентоспособная культура, востребованная на международном рынке. Однако, для Северного Казахстана это культура малоизвестная, требующая многосторонних исследований для разработки технологии ее возделывания. Наиболее слабо изучены ее требования к почве, вопросы питания и удобрения в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения.

В этой связи, возникает необходимость изучения требования чечевицы к уровню почвенного плодородия и разработки приемов управления плодородием почв.

Цель и задачи исследования.

Цель исследований: изучение биологических особенностей чечевицы, ее отношение и требования к плодородию почвы; выявление основных свойств темно-каштановых почв, определяющих формирование урожайности; разработка приемов рационального использования удобрений и управления питанием, обеспечивающих реализацию потенциальной продуктивности культуры, сорта.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1) изучить влияние климатических условий и удобрений на показатели плодородия и питательный режим почв;

2) изучить влияние почвенных, климатических условий и удобрений на особенности роста и развития чечевицы;

3) изучить отношение чечевицы к условиям почвенного питания и ее отзывчивость на удобрения;

4) выявить основные факторы плодородия, определяющие формирование продуктивности чечевицы;

5) методом агрохимического и математического анализа определить оптимальные параметры основных свойств почвы и способы их достижения, обеспечивающие реализацию потенциальной и формирование максимальной продуктивности сортов чечевицы.

6) выявить наиболее перспективные для условий Северного Казахстана сорта чечевицы;

7) дать экономическое обоснование эффективности разработанных приемов управления плодородием почв и критериев оптимизации питания чечевицы.

Объекты исследования: почва, удобрения, чечевица, ее сорта.

Предмет исследования: биологические особенности разных сортов чечевицы, их требования к условиям минерального питания, плодородию почвы, отзывчивость на удобрения.

Методы исследования. При проведении исследований применялись полевые, лабораторные и математические методы.

Научная новизна. Новизна исследований заключается в том, что впервые на темно-каштановых почвах сухостепной зоны Северного Казахстана изучены требования различных сортов чечевицы к условиям минерального питания и отзывчивость на удобрения, установлены основные факторы определяющие формирование урожайности чечевицы, определены их оптимальные параметры обеспечивающие реализацию потенциальной продуктивности и получение максимально возможной урожайности в складывающихся условиях увлажнения, при гарантии экономической эффективности и экологической безопасности.

Практическая и теоретическая значимость. Практическая и теоретическая значимость заключается в определении оптимальных параметров плодородия почвы для чечевицы и разработке приемов их достижения, путем научного обоснования видов и доз удобрений при высокой окупаемости затрат.

Определены наиболее перспективные для условий Северного Казахстана сорта чечевицы.

Разработанная методика управления плодородием почв и оптимизация питания позволит сортам чечевицы реализовать свой потенциал, что будет способствовать повышению экономического благосостояния и конкурентоспособности отечественных сельхозпроизводителей.

Основные положения, выносимые на защиту:

– биологические особенности разных сортов чечевицы – их требования к условиям минерального питания;

– оптимальные уровни содержания элементов питания в почве, обеспечивающие формирование максимальной урожайности чечевицы;

– приемы управления плодородием почв гарантирующие реализацию потенциальной продуктивности сортов чечевицы.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены и опубликованы в материалах научно-практических конференций: 1. Международная научно-теоретическая конференция «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: Цифровая трансформация», Посвященной 30-летию независимости Республики Казахстан на тему: «Отзывчивость разновидностей чечевицы «Веховская» на фосфорные удобрения» (Нур-Султан, 2021); 2. Международная научно-практическая конференция студентов, магистрантов, аспирантов «Актуальные проблемы почвенного плодородия и возделывания сельскохозяйственных культур», посвященной памяти выдающегося ученого, педагога, академика Я.Н. Афанасьева на тему: «Производство чечевицы в мире и Казахстане» (Беларусь, Горки, 2021); 3. Международная научно-практическая конференция «Интенсивное земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам», посвященная 65-летию НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева на тему: «Перспективы возделывания чечевицы в Казахстане (обзорная статья)» (Шортанды, 2021); 4. Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию кафедры почвоведения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на тему: «Некоторые аспекты возделывания чечевицы в Акмолинской области» (Горки, 2021).

По результатам проведенных исследований опубликовано 10 научных работ, из них: 3 публикации – в журналах рекомендованных КОКСО МП РК, 2 публикации – в международных индексируемых журналах входящих в ВАК Белоруссии и РИНЦ, 1 публикация в журнале «Bulgarian Journal of Agricultural Science» входящая в базы данных «Web of Science» (Q3, 2022) и Scopus (перцентиль 43%, 2022), 4 публикации в сборниках научных конференций.

Связь диссертации с госпрограммами. Исследования проводились в рамках программы грантового финансирования Комитета науки МОН РК по проекту: №АР05133069 «Разработать и внедрить приемы реализации потенциала продуктивности перспективных для сухостепной зоны Казахстана сортов чечевицы, на основе определения оптимальных для них параметров агрохимических свойств почвы и способов их достижения, обеспечивающих повышение их конкурентоспособности в условиях диверсификации зернового производства» №ГР0118РК00919, 2018-2020 гг.

Внедрение результатов исследования. Установленные в результате исследований оптимальные уровни обеспеченности почв основными элементами питания для чечевицы учитываются, а рекомендуемые способы их достижения применяются при возделывании чечевицы на полях ТОО «Алтай Курылыс НС» в Костанайской области, Аркалыкском районе (Приложение А).

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 108 страницах компьютерного текста и включает введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты исследований, заключение и

предложения для производства, список использованных источников, 27 приложений.

Список использованных источников состоит из 241 наименований отечественных и зарубежных (114) авторов. Работа содержит 23 таблицы, 18 рисунков.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Народно-хозяйственная значимость

С 1974 года по 2014 год в мире наблюдался непрерывный рост площади возделывания чечевицы с 2,03 до 4,52 млн. га. Увеличение площадей возделывания чечевицы шло неравномерно. Площади под чечевицу в Африке снизились на 20%, Европе на 45%, Южной Америке на 75%, в то же время в Азии выросли на 72%, в Северной Америке на 3376% [11]. Она занимает пятое место в мировом производстве бобовых культур, со средней урожайностью около 10-11 ц/га [12].

В 2022 году чечевица выращивалась почти в 50 странах мира на площади свыше 5,5 млн. га. При этом, восточноафриканское производство чечевицы характеризуется низкой средней урожайностью 0,3 т/га по сравнению с Центральной Азией и Северной Африкой (0,6 т/га), а также с Южной и Юго-Восточной Азией (1,7 т/га) [13].

Основные производители зеленой чечевицы являются США и Канада, в остальных частях света главным образом выращивают – красную чечевицу. Крупными экспортёрами являются – Канада, США, Австралия. На их долю приходится – 81%. Канада экспортирует 75% выращенной чечевицы [14].

На сельскохозяйственном рынке чечевица представляется в основном красной – около 75% от валового производства, зеленая занимает около 20% и прочие – до 5% [14, с. 110].

Основные импортёры – Турция, Индия. По импорту чечевицы разные части мира выглядят так: на долю Европы приходится 22%, на Индийский субконтинент 33%, на страны Ближнего Востока и северной Африки 30%, на Северную и Южную Америку 15% мирового импорта [14, с. 111].

Четверть мирового производства чечевицы приходится на Индию (вторая самая большая страна-производитель в мире), большая часть которого потребляется внутренним рынком [15].

В 2016 году около 360 тыс. га земель было отведено под чечевицу в США [16].

На Африканском континенте чечевица выращивается в Эфиопии, Судане, Южном Судане и Эритрее, так же в Кении, Уганде, Сомали и Танзании [17].

Из ближнего зарубежья большим производителем чечевицы является Россия. В 2014 году чечевицу выращивали в 17 регионах РФ на площади 27,4 тыс. га [18] и наблюдается дальнейшая тенденция увеличения площадей под чечевицей. Так, размеры посевных площадей чечевицы в России в 2018 году, по данным Росстата, составили 271,4 тыс. га, что на 62,1% (на 104,0 тыс. га) больше, чем в 2017 году [19].

В Казахстане в 2015 году посевная площадь чечевицы составила 6 453 га [3]. В 2018 году площадь возделывания чечевицы достигнув рекордных 295 тыс. га, и так же быстро начала снижаться [20].

Согласно статистическим данным, посевные площади чечевицы в 2019 году составили 92 тыс. га [21], в 2020 году 61 тыс. га [22]. В 2021 году под

посевами чечевицы были заняты 73,1 тыс. га, из них в Акмолинской области – 14,2 тыс. га, Карагандинской – 497 га, Костанайской – 18,7 тыс. га, Павлодарской – 6,5 тыс. га, Северо-Казахстанской – 33 тыс. га, Туркестанской – 63,9 га [23].

Анализ производственного потенциала чечевицы показывает, что возделывание чечевицы в мире имеет стабильный рост, что обусловлено повышенным спросом на нее. Это дает все основания считать чечевицу перспективной и востребованной культурой.

Возделывание чечевицы позволит решить вопрос обеспечения населения качественным белком.

Бобовые – важные сельскохозяйственные культуры, возделываемые в основном из-за высокого содержания белка [24].

Чечевица выделяется высоким содержанием белка (от 21 до 29 г/100 г) и низким содержанием липидов (от 0,77 до 2,64 г/100 г) [25]. Блюдо из чечевицы может обеспечить около половины суточной потребности белка взрослого человека [26].

Установлено, что усвояемость белков чечевицы организмом человека достигает 86% – лишь немногим меньше усваиваемости белков животного происхождения [27]. Кроме того, чечевица отличный источник сложных углеводов, растворимых и нерастворимых волокон, витаминов и минералов [28]. Фитохимические вещества, включая фенольные кислоты, флавонолы, сапонины, фитиновую кислоту и конденсированные дубильные вещества, содержащиеся в чечевице, обладают хорошими антиоксидантными свойствами [29]. Поэтому потребление чечевицы снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета, остеопороза, гипертонии, желудочно-кишечных расстройств, заболевания надпочечников и снижает уровень холестерина, липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) [30].

Благодаря особенности чечевицы не накапливать в себе вредных веществ (нитраты, радионуклиды и др.), выращенная в любой точке земли, она считается экологически чистой [31].

Чечевица является главным продуктом питания на Ближнем Востоке и в Южной Азии, часто употребляется вместе с рисом [32]. Она одинаково популярна и в странах к югу от Сахары, Западной Азии, Северной Америке, Европе и Австралии [28, р. 1].

Из обыкновенной чечевицы готовят традиционное Ближневосточное блюдо «Мазур даал» и супы из цельных семян в Европе и Северной Америке [33].

В Испании три вида бобовых отличаются высоким потребительским спросом: фасоль, нут, чечевица. Больше всего потребляют нут (1,3 кг на человека в год), фасоль и чечевицу по 0,9 кг [34].

В некоторых частях Индии целые семена чечевицы едят солеными и жареными, а молодые бобы используют в качестве зеленых овощей. Чечевица может быть источником крахмала для текстильной и полиграфической промышленности [35].

Чечевичная мука смешивается с крупами для приготовления хлеба, тортов, лапши, детской смеси и повышения качества свойств продукции, таких как текстура, жирность, связывание с водой, стабильность пены и эмульсии [36-39].

Солома и мякина чечевицы содержат 14-15% белка, 35% углеводов [40], что делает ее хорошим кормом для скота [41, 42].

Так же чечевицу используют как сидерат в зерновом севообороте [43]. Процесс азотфиксации имеет важное значение для растений, поддержания плодородия почв и природных агроэкосистем [44]. Клубеньковые бактерии в симбиозе с чечевицей при благоприятных условиях могут фиксировать от 20 до 95 кг азота/га [45-47].

У чечевицы также есть факторы, ограничивающие ее употребление в пищу [48], это долгое приготовление [49], послевкусие [50], наличие ингибиторов, которые тормозят протеолитическую активность пищеварительного фермента трипсина и могут привести к снижению доступности аминокислот [51], а дубильные вещества, взаимодействуя с белком снижают усвояемость [52]. Поэтому, удаление этих нежелательных компонентов необходимо для улучшения качества и эффективного использования ее в пищу.

Замачивание семян чечевицы помогает удалить растворимые непитательные дубильные вещества, фитиновую кислоту и фенольные соединения [53]. Более длительное замачивание семян чечевицы (в течение 24 ч) в дистиллированной воде приводит к снижению ингибирующей активности трипсина на 58-66%. Так же термическая обработка при приготовлении чечевицы удаляет трипсин, химотрипсин и летучие соединения [54, 55].

Из выше сказанного видно, что чечевица ценная бобовая культура, что очень важно знать и производителю, и потребителю.

1.2 Биологические особенности чечевицы

Чечевица (*L. culinaris*) – кустистое, однолетнее, травянистое растение [7, с. 413]. В 1979 году род чечевицы состоял из пяти однолетних видов, из которых только *L. culinaris* Medik культивировалась [56]. Сейчас, род *Lens* (чечевица) включает 53 научных названия растений, которые делятся на 7 видов [57].

Чечевица – не высокое растение высотой от 10 до 75 см, с прямыми или полустеляющимися тонкими стеблями [58]. Листья очередные, черешковые, парноперистые, короткие, заостренные. Цветки крепятся в пазухах листьев [59].

Корневая система чечевицы характеризуется прямым стержневым строением с большим количеством боковых корней [60]. Большая часть корней расположена в пахотном слое на глубине 20-25 см. Корни растения проникают на глубину около 1 м [61], что способствует эффективному использованию питательных веществ в почве [62-64].

Sarcer A. et al. (2005) предполагает, что более длинная корневая система за счет лучшего поглощения влаги и питательных веществ способствует лучшей устойчивости к засухе. Отмечается высокая корреляция между длиной основного корня и числом боковых корней с урожайностью чечевицы в условиях засухи [65].

Бобы чечевицы одногнездные, двухстворчатые, ромбические, сплюснутые или слабовыпуклые [66].

Семена чечевицы – линзовидные, крошечные с различными цветами от желтого до красно-оранжевого, зеленого, коричневого или черного. Семя чечевицы состоит из: семенной оболочки, семядоли, а также эмбриона, включая радикал, перышко и эмбриональную ось. Семенная оболочка, семядоли и эмбрион составляют примерно 8, 90 и 2% сухой масс семени [67].

Семядоля состоит из паренхиматозных клеток, которые содержат в основном крахмальные гранулы, диспергирующиеся в белковых веществах [68].

В семенах чечевицы есть два основных типа белка: метаболический и белки хранения. К метаболическим белкам относятся ферменты и структурные белки. Они являются второстепенными белковыми компонентами, в то время как белки хранения составляют до 80% от общего объема белка семян [5, p. 148].

По словам Bhattu T.S., Slinkard A.E., Sosulski F.W. (1976) [69] белки чечевицы делятся на четыре класса по степени их растворимости: солерастворимые глобулины (47%), водорастворимые альбумины (3,8%), этанол растворимые проламины (3,1%) и разбавленные кислоторастворимые глютелины (14,9%). Однако, El-Nahry F.I., Mourad F.E., Khalik S.M.A., Bassily N.S. (1980) приводят другие данные, что у чечевицы белок состоит на 31,8-49,7% из альбумина, на 26,2-34,6% глобулена, проламины и глютелины составляют лишь менее 5% [70].

Размер гранул чечевичного крахмала колеблется от 6 до 37 мкм [71] и содержит от 29,0 до 45,5% амилазы [72].

У чечевицы выделяют четыре основные фазы развития: 1 – набухание и прорастание семян, 2 – всходы, 3 – цветение, 4 – созревание. Большого разрыва во времени наступления фаз развития не наблюдалось. При этом фазы цветения и плодообразования протекают одновременно [66, с. 12; 73].

Чечевица – растение длинного дня. В условиях короткого дня чечевица растет и развивается значительно медленнее, чем в условиях длинного дня, это влечет за собой побледнение зеленой окраски, пожелтение и поражение бактериозом [66, с. 13; 74, 75].

Требования к влаге. Динамика влагопотребления показывает, что чечевица наиболее требовательна к влаге в период набухания и прорастания семян [9, с. 80]. В последующих фазах развития потребность в воде снижается [8, с. 10].

Повышенные требования чечевицы к увлажнению обусловлены ее биологическими особенностями. В первую очередь, высоким содержанием белка, на формирование которого требуется большое количество влаги [76].

Ряд исследований показывают, что обеспеченность влагой в критические периоды более важны, нежели общее водообеспечение по всем циклам [77-79].

Леонтьев В.М. (1966), утверждал, что критическим периодом увлажнения для чечевицы являются фазы всходов и ветвления, в фазу цветения и созревания культуры недостаток влаги не критичен [9, с. 81; 66, с. 15]. Однако, исследования Leport L. et al. (1998), показали, что урожайность чечевицы не коррелирует с общим водопользованием и использованием воды до цветения [80], но Siddique

К.Н.М. et. al. (2001), отметили корреляцию водопользования чечевицы после цветения и урожайностью [81].

При наличии доступности продуктивной влаги в период созревания чечевицы, ясно показывается недостаток краткосрочной фенологии в формировании высоких урожаев по сравнению с долгосрочной фенологией [82]. Однако, есть и негативные последствия переувлажнения в фазу налива семян, которые способствует появлению заболеваний, что ведет к снижению урожая [83].

Леонтьев В.М. (1966) считал, что выращивание этой культуры нецелесообразно в районах, где за период от всходов до хозяйственной спелости осадков выпадает менее 100 мм, при средней за этот период температуре воздуха более 19°C и в районах обильных дождей, где в течение того же периода выпадает осадков более 240 мм [9, с. 8].

В работе Коноплева Ю.И. (2004) отмечается, что для получения высокого урожая чечевице необходимо 140-220 мм осадков за вегетационный период [8, с. 7].

Требования к теплу. По данным Васениной Г.Г. (1979) чечевица наиболее требовательна к теплу в период от цветения до созревания семян. Средняя температура воздуха для нормального развития составляет 17-20°C. Дальнейшее её повышение при одинаковом количестве осадков положительного влияния на налив семян не оказывает, но вызывает уменьшение массы 1000 семян [84].

По данным Леонтьева В.М. (1966), чечевица начинает прорастать при температуре 3-5°C, но дружные всходы через 7-10 дней появляются лишь при посеве в почву, прогретую в слое 10 см до 7-10°C. Заморозки до -5...-6°C всходы переносят легко. К заморозкам устойчивы не только молодые, но и взрослые растения чечевицы [9, с. 79]. В период налива и созревания семян оптимальной является температура воздуха 19-20°C [85].

Для нормального развития чечевицы необходимая сумма активных температур составляет от +1350 до +1900°C. А хозяйственная спелость чечевицы наступает при накоплении суммы температур 1500°C [9, с. 79; 86].

Васениной Г.Г. (1979) установлено, что северная граница устойчивого возделывания чечевицы на зерно проходит по линии Москва - Иваново - Ижевск. Южная граница целесообразного возделывания чечевицы на зерно проходит несколько южнее Херсона, Луганска, Саратова и далее по югу Самарской области [84, с. 100]. Если сопоставить координаты Саратова, юга Самарской области с территорией Северного Казахстана и провести меридиан, получается, что южная граница возделывания чечевицы проходит через поселок Державинск и города Астана, Экибастуз.

Засухоустойчивость. По засухоустойчивости чечевица уступает только чине и нуту среди бобовых. При непродолжительной засухе чечевица способна замедлять или приостанавливать свой рост, а после выпадения осадков возобновлять его. Коноплевым Ю.И. (2004) установлено наличие зависимости между количеством выпавших осадков и темпами роста и развития растений чечевицы (коэффициент корреляции $r = 0,596-0,850$) [8, с. 7].

Чечевица традиционно выращивалась в средиземноморском полузасушливом регионе, где она часто сталкивалась с термальным стрессом от засухи в репродуктивный период. Засухоустойчивость чечевицы может быть следствием конструктивных признаков, влияющих на то, как растение использует почвенную влагу в начале вегетации, где она не ограничивает транспирацию [79, p. 34].

В зависимости от наличия почвенной влаги у чечевицы имеется пластичность в продолжительности различных фаз роста. При наличии продуктивной влаги на протяжении вегетации удлиняется вегетационный период чечевицы, что позволяет ей сформировать большую урожайность [87].

Согласно ряду исследований, пластичность является важным механизмом в борьбе чечевицы с засухой. Раннее цветение и ранняя закладка бобов, это стратегия чечевицы при недостатке воды и высокой температуре, которая на репродуктивном уровне стимулирует раннее старение и созревание [88-90].

Siddique K.H.M. et al. (2003) показали, что в условиях засухи, при раннем цветении, ускоренное фенологическое развитие дало более высокую урожайность семян и стабильность урожая по сравнению с поздним цветением [91].

Выращиваемая в засушливых районах Сирии чечевица с генотипами высокой урожайности формировала большую урожайность при раннем цветении и имела короткую фазу быстрого наполнения семян. Период от всходов до цветения вносил 49%-ю вариацию в урожайность семян, что свидетельствует об ускорении вегетации – «беге» в период засухи за счет раннего цветения, чтобы минимизировать негативное последствие стресса от засухи [92]. Хотя раннее цветение важно для избежания засухи, оно неэффективно, если генотипы чечевицы относительно низко урожайны и неспособны реагировать на увеличение доступной влажности в почве [93].

Вегетационный период. На приспособленность сорта к почвенно-климатическим условиям указывает продолжительность всего вегетационного периода и отдельных его составляющих [94].

В разрезе скороспелости чечевицу можно разделить на пять групп: раннеспелые – 60-69 суток; среднеранние – 70-75 суток, среднеспелые – 76-80 суток, среднепоздние – 81-85 суток, поздние – 86-90 суток. Вегетационная продолжительность находится в обратной зависимости от температуры: чем выше температура, тем меньше вегетационный период, и наоборот [66, с. 13; 74, с. 218].

Фенологические наблюдения в исследованиях Маракаева Т.В. подтвердили зависимость продолжительности вегетационного периода чечевицы от обеспеченности растений теплом. В 2016 г. при ГТК=1,01 вегетационный период составил 79,7 суток, в 2017 г. (ГТК=0,72) – 76,7 суток, 2018г. (ГТК=1,10) – 82,7 суток [95].

Маракаев Т.В. дисперсионным анализом установил, что вариабельность количества бобов с растения (54,0%), массы 1000 семян (69,7%) и урожайность

(73,8%) зависит от условий вегетационного периода южной лесостепной зоны Омской области РФ [95, с. 44].

В исследованиях Кузнецова И.С. продолжительность периода посев - созревание в среднем за 3 года на выщелоченных черноземах (Республика Мордовия), в зависимости от фона минерального питания, составляла 69-82 дн. (2001 г. – 66-75 дн., 2002г. – 68-83, 2003 г. – 74-89 дн.). Наиболее короткой она была в вариантах, где использовались и фосфорные, и калийные удобрения. Наибольшая продолжительность вегетационного периода отмечена в варианте N₉₀P₉₀K₉₀ [96].

Изучение особенностей прохождения растениями чечевицы фаз развития, а также продолжительности вегетационного периода в зависимости от сроков посева в Кабардино-Балкарской Республике показало, что средняя продолжительность периода вегетации чечевицы за годы исследований составила: 84 дня при первом сроке посева (20-30/IV), 80 дней – при втором (1-10/V) и 72 дня – при третьем (10-20/V). Наиболее короткий период вегетации отмечен у сорта Аида, который в среднем за период исследований составил 77 дней, для сорта Донская – 79 дней, для сорта Рауза – 81 день [46, с. 628].

В исследованиях Маракаева Т.В. (2008) продолжительность межфазного периода посев – всходы, в зависимости от срока посева, колебалась от 8 до 12 суток. Период всходы – цветение изменялся в пределах 38-41 суток. Продолжительность периода цветение – созревание изменялась в зависимости от срока посева и находилась в пределах 44-46 суток. Наименьший вегетационный период чечевицы отмечен при посеве во второй срок – 82 дня [95, с. 43].

Высокой интенсивностью ростовых процессов в первые семь дней развития характеризуются как мелкосемянные, так и крупносемянные виды чечевицы. Однако, усиленный рост стебелька и корешка отмечается у сортов с высокой семенной продуктивностью [97].

Высокая интенсивность роста побега на ранних этапах онтогенеза, способствует ускоренному развитию растений, что повышает их конкурентоспособность по отношению к сорной растительности. Однако, установлено, что у чечевицы слабая конкуренция с сорняками и низкая толерантность к гербицидам [97, с. 38].

Из вышеизложенного следует, что чечевица, менее требовательна к температурному фону, но более требовательна к обеспеченности влагой, что непосредственно связано с относительной ее засухоустойчивостью, выражаемой в изменении длинны фаз вегетационного периода, что непосредственно отражается на урожайности.

1.3 Особенности минерального питания чечевицы

Отношение чечевицы к почве академик Прянишников Д.Н. определяет следующим образом: «Для чечевицы требуется прежде всего чистая от сорных трав и рыхлая, например, супесчаная или суглинистая, но во всяком случае не излишне плодородная почва» [98].

В настоящее время низкое плодородие почв стало одним из величайших биофизических ограничений в повышении продуктивности сельскохозяйственного производства, что угрожает продовольственной безопасности [99]. Лишь рациональное использование удобрений, позволит решить вопрос обеспечения населения качественным и безопасным продовольствием [100].

Установлено, что зернобобовые культуры в среднем на 1 т урожая выносят из почвы 60-70 кг/га азота, 15-20 кг/га фосфора и 25-45 кг/га калия, 23-28 кг/га кальция и 18-22 кг/га магния [66, с. 25; 101]. Чечевица же на 1 т семян и побочной продукции из почвы в среднем выносит 59 кг азота, 20 кг фосфора, 28 кг калия. При недостатке влаги в почве вынос азота и фосфора из почвы снижается, а калия увеличивается [58, с. 312; 66, с. 31; 102].

Азот. Азот является основным и необходимым питательным веществом для роста и урожайности растений. Он входит во все простые и сложные белки, которые являются главной составной частью протоплазмы растительных клеток. Азот находится также в составе нуклеиновых кислот (РНК, ДНК), играющих исключительную роль в обмене веществ в организме. Азот содержится в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, в некоторых витаминах, ферментах и во многих других органических веществах, растительных клетках [103].

Поступившие в растения минеральные соединения азота проходят сложный цикл превращения, конечным этапом которых является включение их в состав белковой молекулы.

Общее содержание азота сильно варьирует в разных растениях и в различных частях одного и того же растения. Из вегетативных органов азотом богаче листья, особенно молодые, меньше его в стеблях и корнях. Условия азотного питания оказывают большое влияние на рост и развитие растений. При недостатке азота рост их резко ухудшается. Особенно сильно сказывается недостаток азота на развитии листьев: они становятся мелкие, имеют светло-зеленую окраску, преждевременно желтеют, стебли становятся тонкими и слабо ветвятся. Ухудшается также формирование и развитие репродуктивных органов и налив зерна [103, с. 37; 104].

При нормальном азотном питании растений повышается синтез белковых веществ, усиливается и дольше сохраняется жизнедеятельность организма, ускоряется рост и несколько замедляется старение листьев. Растения образуют мощные стебли и листья, имеющие интенсивно-зеленую окраску, хорошо растут и кустятся, улучшается формирование и развитие репродуктивных органов. В результате резко повышается урожай и содержание белка в урожае. Однако одностороннее избыточное азотное питание в течение вегетации иногда задерживает созревание растений, они образуют большую вегетативную массу, но мало зерна или клубней и корнеплодов [103, с. 54; 104, с. 157].

Как недостаток, так и избыток азота влияют на распределение ассимилянтов между вегетативными и репродуктивными органами, а накопление сухого вещества тесно связано с наличием ассимилянтов в период цветения, что в свою очередь влияет на урожайность [105].

Главным источником азота для питания растений служат соли азотной кислоты и соли аммония, т.е. формы минеральных соединений [106]. Нитриты, закись азота и атмосферный азот также присутствуют в почве, хотя они не являются формами азота, которые естественно доступны для растений. Другой природный источник азота секвестрируется в живых организмах. Когда организмы умирают, они начинают разлагаться и отдавать азот обратно в почву [107].

Отношение растений к аммиачному и нитратному азоту зависит от реакции среды, сопутствующих катионов и анионов, обеспеченности зольными элементами питания, концентрации в растворе аммонийных и нитратных солей, а также от обеспеченности растений углеводами. При аммиачном питании положительное действие на урожай оказывает увеличение в питательном субстрате концентрации кальция, магния и калия, а при нитратном важное значение имеет достаточное обеспечение растений фосфором и молибденом [104, с. 158].

Повышенные требования к азоту чечевица испытывает в период всходов [108]. Критическим периодом потребления азота зернобобовыми культурами и чечевицы в том числе, является период формирования и налива семян [66, с. 14; 109].

Установлено, что динамика содержания аммонийного азота в почве напрямую зависит от почвенно-климатических условий и имеет тенденцию на снижение с весны на лето, т.е. в процессе роста и развития чечевицы содержание аммонийного азота неуклонно снижается с достижением минимальных величин к фазе полной спелости [66, с. 64] и даже раньше [110], что связано с текущей нитрификацией. Основное же потребление чечевицы приходится на нитратный азот. В исследованиях Есаулко А.Н. и Галда Д.Е., проведенных в 2014-2015 гг. в Ставропольском крае на выщелоченных черноземах отмечено, достоверное неуклонное снижение содержания нитратного азота с максимальным потреблением в межфазный период всходы – ветвление и цветение – полная спелость. При этом, максимальное значение нитратного азота в почве было в фазе всходов, минимальное – в фазе полной спелости [110, с. 21].

Фосфор. Фосфор (P) не возобновляемый важный макроэлемент, который требуется для молодых тканей и выполняет ряд функций, связанных с ростом, развитием и обменом веществ растения. Его называют «ключ к жизни», потому что фосфор регулирует многие метаболические процессы жизни растений [111].

Фосфор также участвует в таких процессах жизнедеятельности растений, как, передача энергии, фотосинтез, превращение сахаров и крахмала, движение питательных веществ в растении и передача генетических характеристик от одного поколения к следующему. Он требуется для наиболее важного процесса, то есть фосфорилирования, в котором аденозиндифосфат (АДФ) и АТФ переносят высокоэнергетический фосфат для других молекул [111, р. 28].

Фосфор повышает зимостойкость и засухоустойчивость, ускоряет созревание и формирование урожая [112].

Фосфор (P) является вторым после азота наиболее лимитирующим питательным элементом в большинстве почв мира [113].

Главным источником фосфора для растений является соли ортофосфорной кислоты. Однако установлено, что и пиро- и полифосфаты после гидролиза могут быть использованы культурами. Метафосфаты усваиваются без гидролиза. Будучи трехосновной, ортофосфорная кислота может иметь три аниона H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} и PO_4^{3-} [104, с. 201].

Все соли одновалентных катионов и ортофосфорной кислоты хорошо растворимы в воде и легко усваиваются сельскохозяйственными культурами. Растворимы также соли одновалентных катионов метафосфорной кислоты. Двухзамещенные соли двухвалентных катионов не растворимы в воде, но растворимы в слабых кислотах. Вследствие чего являются важными источниками усвояемого фосфора [104, с. 201].

Трехзамещенные фосфаты двухвалентных катионов большинством культур трудно усваиваются. Но, существует группа культур способных питаться фосфором трехзамещенных фосфатов кальция. Среди них есть и бобовые культуры, например люпин, кормовые бобы [104, с. 202].

В первые периоды роста сельскохозяйственные культуры поглощают фосфаты интенсивнее, чем в последующие. Растения создают резерв этого вещества, перераспределяя его потом между органами, в зависимости от потребности их в фосфатах для синтеза веществ [104, с. 204].

Все растения крайне чувствительны к фосфорному голоданию в самом раннем возрасте, когда усваивающая способность их неразвитой еще корневой системы слабая. Фосфорное голодание растений в ранний период роста накладывает далеко идущий депрессирующий эффект, что его невозможно полностью преодолеть даже нормальным последующим питанием [104, с. 205].

Развивающееся растение обильно снабжает фосфором молодые листья, причем если приток его извне прекратился, то идет усиленное передвижение фосфатов из старых листьев к молодым.

В фазе образования и особенно созревания репродуктивных органов отмечается энергичное передвижение к ним фосфатов из вегетативных частей растений [104, с. 206].

Действие фосфора на растения во многих отношениях противоположно влиянию азота. При нормальном фосфорном питании ускоряется развитие и созревание растений, сопротивляемость их к полеганию.

Отрицательное действие избыточного поступления фосфора в растение – ускоренное созревание, что сокращает сбор товарной продукции и ведет к накоплению минерального фосфора в урожае.

Чечевица имеет повышенные требования к содержанию доступного фосфора в начале вегетации. К критическим периодам его потребления относятся цветение и созревание [46, с. 629].

Дефицит фосфора увеличивает содержание пролина в корнях чечевицы, который действует как регуляторные молекулы и активизирует адаптацию к абиотическим стрессам [114]. На этом же фоне вырабатывается антоцианин в

листьях, который служит индикатором недостатка фосфора, а также увеличиваются фенольные соединения в корнях, которые образуют хелаты с Al^{3+} и Fe^{3+} , ведущие к потреблению P путем увеличения растворимости Fe-P и Al-P хелатов [115]. В растениях, страдающих от дефицита фосфора, уменьшается накопление K^+ и NO_3^- и увеличивается Na^+ и Cl^- , которые замедляют синтез белка, нарушают различные ферментативные процессы в цитоплазме [116]. Поэтому достаточный запас фосфора в почве необходим для растений, он важен в биологической деятельности, то есть росте растений, образовании клубеньков и синтезе АДФ, АТФ, являющихся источником энергии, необходимым для расщепления и восстановления N^2 в аммоний [117, 118].

Согласно исследованиям Есаулко А.Н. и Галда Д.Е., проведенным в 2014-2015 гг. в Ставропольском крае на выщелоченных черноземах, содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см неуклонно снижалось в процессе вегетации чечевицы, с максимальным потреблением фосфора в межфазный период всходы – ветвление. Максимальное его содержание в почве отмечалось в фазе всходов, минимальное – в фазе цветения [110, с. 22].

В связи с чем, обеспечение чечевицы достаточным количеством усвояемого фосфора с начала вегетации до ее окончания, за счет внесения удобрений необходимо для формирования конечной высокой урожайности.

Калий. Калий принадлежит к элементам безусловно необходимым растениям. Большая его часть находится в клеточном соке. В растениях калий распределен неравномерно. Его больше всего в клетках, где идет активное деление [104, с. 242].

Значение калия в жизни растений многообразно. Он способствует нормальному течению фотосинтеза, усиливает отток с листьев в другие органы, участвует в синтезе некоторых витаминов, активизирует работу ферментов, увеличивает гидрофильность коллоидов протоплазмы, что способствует удержанию влаги [104, с. 242].

Хорошая обеспеченность калием не только улучшает рост и развитие бобовых, но и способствует развитию клубеньковой ткани. Калийное голодание приводит к сокращению количества клубеньков в 1,5-2 раза, что оказывает отрицательное влияние на размеры азотфиксации [119].

При недостатке калия задерживается синтез белков и образование сложных сахаров, в тканях накапливаются амиды. Растения затягивают развитие и созревание. При калийном голодании понижается урожай, его качество, а также устойчивость к возбудителям грибковых болезней. Вследствие этого задерживается образование бактериоидной ткани, ингибируются основные жизненные процессы у клубеньковых бактерий, снижается продуктивность азотфиксации [120, 121].

Разные сельскохозяйственные культуры потребляют разное количество калия. Сравнительно много этого элемента требуется зернобобовым.

Интенсивное потребление калия чечевицей приходится на период цветения – образование бобов. Недостаток калия в этот период отрицательно сказывается на образовании цветков и формировании бобов [66, с. 81; 122].

Валовое содержание калия в почвах Северного Казахстана колеблется от 1,3 до 3,5% [123] и около 97% почв региона имеют повышенную и высокую обеспеченность подвижным калием [124], в связи с чем возделываемая чечевица не испытывает калийного голодания, чего нельзя сказать по азоту и фосфору.

1.4 Отзывчивость чечевицы на минеральные удобрения

Урожайность – результат взаимодействия продуктивности культуры и факторов среды [125].

Одним из главных факторов, влияющих на повышение урожайности чечевицы, является улучшение почвенных условий и внесение минеральных удобрений.

Установлено, что минеральные удобрения способствуют повышению фотосинтетического потенциала посевов, а разные фоны минеральных удобрений оказывают неодинаковое влияние на рост, развитие, продуктивность и качество чечевицы [126, 127].

Шеуджен А.Х. считает, что биологические особенности и минеральное питание чечевицы являются основными факторами при составлении системы удобрений и она лучше отзывается на фосфорные и калийные удобрения под предшествующую культуру [128]. Также в использовании удобрений важное значение имеет рН почвенной среды и удобрений. С переходом рН почвы из кислой в щелочную эффективность некоторых питательных микро и макроэлементов, поступающих из почвы, снижается [129], потому что, в щелочных почвах питательные вещества тесно связываются в ППК и потребление их растениями ухудшается [130].

Чечевица отзывчива на внесение минеральных удобрений и хорошо использует последствие их внесения под ее предшественников. Напротив, если на поле вносились большие дозы органических и минеральных удобрений, то чечевица формирует большую надземную массу, которая неравномерно созревает, при этом урожайность семян бывает низкая. Применение совместно фосфорных и калийных удобрений значительно повышает урожайность чечевицы [66, с. 78; 131].

Азотные удобрения. Бобовым растениям, чечевице в том числе, свойственна способность фиксировать газообразный азот атмосферы. Это связано с развитием на их корнях клубеньковых бактерий. Однако, для нормального их роста и развития необходимы оптимальные условия: температура, влажность почвы, нейтральная почвенная среда, достаточный приток к клубенькам углеводов, фосфора, калия, молибдена и других элементов. Поэтому вопрос о применении азотных удобрений под зернобобовые должен решаться с условием их выращивания. Если условия оптимальные для развития клубеньковых бактерий, применение азотных удобрений не даст эффекта. На хорошо окультуренных почвах при нитрагинизации семян довольно часто отсутствует эффект от минеральных удобрений и рекомендуют вносить лишь «стартовые» дозы азотных удобрений [131; 132].

Бобовые культуры имеют высокую эффективность использования азота, потому что они собирают и хранят азот в своих телах [133, 134]. Поэтому выращивание бобовых культур помогло бы снизить применение азотных удобрений за счет азотфиксации клубеньковыми бактериями [135]. Тем не менее, продолжаются дискуссии, относительно того, является ли чистая потеря азота меньше у бобовых, чем у других культур, так как некоторое количество теряется вовремя разложения [136] и количество фиксированного азота, часто меньше вынесенного вместе с урожаем [137]. В связи с этим, применение азотных удобрений оправдано под особо ценные бобовые культуры и на почвах, крайне бедных азотом, с неблагоприятными условиями весенней нитрификации.

Некоторые авторы утверждают, что внесение фосфорных и калийных удобрений не влияет на урожайность зернобобовых культур в условиях недостаточного увлажнения по причине остановки фиксации азота бактериями [66, с. 22; 138, 139].

В случаях неэффективности симбиоза применение азотных удобрений с большей силой угнетает развитие клубеньков, вследствие чего значение фиксации азота значительно снижается [66, с. 19; 140].

Большое количество азотных удобрений используется во всем мире, однако их эффективность по посевам на пахотных землях сравнительно мала, и варьирует от 25 до 50% [141, 142], остальная часть теряется в виде газов, смывается с почвы и т.д. [143, 144].

Агеев В.В. считает, что под бобовые культуры, в том числе и чечевицу, обязательно надо вносить азотные удобрения [145].

Однако, отмечено, что азотные удобрения, вносимые в дозах 20 и 40 кг д.в./га на фоне $P_{60}K_{60}$ плохо использовались чечевицей (Лаура, Оана, USAMVBT) за счет хорошего потенциала почв, на котором проводился опыт, а также за счет того, что требования чечевицы к азоту низкие [40, р. 111].

Шеуджен А.Х. (2006, 2017) утверждает, что внесение минеральных азотных удобрений всегда повышает урожайность бобовых культур в случаях, когда клубеньки не образуются или имеются в недостаточном количестве. В данном случае эффективными являются средние дозы азота 90-150 кг/га. Объем вносимого минерального азота определяется с учетом естественного плодородия почвы, биологических особенностей культуры и величины планируемого урожая [66, с. 35; 128, с. 460; 146].

Однако, в годы с недостаточным увлажнением азотные удобрения практически не влияют на урожайность зернобобовых культур [66, с. 32; 109, с. 235].

Применение азотных удобрений способствует быстрому росту и увеличению биомассы чечевицы. Установлено, что увеличение площади листьев носит вспомогательный характер при формировании урожайности [147].

Исследования, проведенные в 2018 году на темно-коричневых почвах Канады с содержанием P_2O_5 – 4,9 мг/кг, $N-NO_3$ – 6 мг/кг, K_2O – 337 мг/кг, серы – 3,4 мг/кг и рН 7,7 с применением моноаммонифосфата (11 и 52%) и мочевины (46%), при посеве чечевицы в нормах (0, 10, 20, 30 кг д.в./га), показали

отрицательное действие повышенных доз азотных удобрений (мочевины) на прорастание семян [148]. Авторы поддерживают доводы, что «ожог удобрений» связан с солевым эффектом удобрения и аммиака. Свободный NH_3 токсичен и может свободно перемещаться через клеточную стенку, тогда как NH_4 не может.

Выводы сделанные на основе проведенных в Дагестане исследовании Гаджиевой Г.М. и Дадуовой Р.Д. (2020) противоположны вышеуказанным. Результаты показали, что нитратные удобрения способствуют улучшению водообмена, уменьшается водный дефицит в листьях, что способствует интенсивному прорастанию семян чечевицы [149].

В исследованиях, проведенных на южных черноземах Поволжья установлено, что горох и другие зернобобовые культуры (чечевица, нут, вика) возделываемые в Поволжье до 70% потребляемого азота получают за счет азотфиксации. Поэтому высокая отзывчивость зернобобовых на азотные удобрения отмечалась только при очень низких его запасах в почве – менее 6 мг/кг [150].

Фосфорные удобрения. Зернобобовые принадлежат к группе растений, которые сравнительно хорошо используют запасы фосфора в почве. Однако, пока у них слабо развита корневая система в начале роста, они хорошо реагируют на внесение небольшого количества усвояемого фосфора.

Фосфорные удобрения оказывают более сильное действие на зернобобовые на слабокультуренных почвах и особенно на черноземах. Отмечается положительное действие фосфорной муки (водонерастворимых форм фосфора) на кислых почвах, с прибавкой более 3-5 ц/га [132, с. 658].

Положительное действие на зернобобовые оказывает совместное внесение фосфорных и калийных удобрений. Совместное их применение по 40-60 кг действующего вещества каждого на 1 га часто повышали урожайность на 2-3 ц/га [128, с. 489; 132, с. 656].

Ряд зарубежных исследователей (Kaneez F., Nazir H., Pir F.A., Mohd M., 2013; Datta S.K., Sarkar M.A.R., Uddin F.M.J., 2013; Togay N., Parsak D., 2014; Chaubey S.K., Chaubey S., Dwivedi D.P., Singh A.K., Singh U.P., 2019) отмечают положительное действие доз фосфорных удобрений от 40 до 100 кг д.в./га и рекомендуют их [147, р. 14324; 151-153].

Некоторые авторы (Zafar M., Maqsood M., Ramzan Anser M., Zahid A., 2003; Balyan J.K., Singh M., 2005; Ali A., Ahmad B., Hussain I., Ali A., Shah F.A., 2017) объясняют положительное действие фосфорных удобрений стимулированием биологической активности чечевицы в присутствии сбалансированного питания и своевременным поступлением фосфора [154-156].

Zeidan M.S., 2007 объясняет положительное действие фосфорных удобрений тем, что фосфор усиливает меристемную активность, увеличивает количество метаболитов растений в сухом веществе, увеличивает число завязей цветов и плодов [157].

Исследования, проведенные в засушливых регионах Халатбари и Саламзаде Ирана, (с количеством осадков около 400 мм) на суглинистых почвах показали, что применение фосфорных удобрений в дозах 40-50 кг/га д.в.

удлиняют репродуктивный период на 12% [158] и увеличивают урожайность чечевицы [159].

Аналогичные выводы сделали Rasheed M., Jilani G., Shah I.A., Najeeb U. Iqbal T., 2010, что повышение доз фосфорных удобрений от 20 до 80 кг/га растягивает период созревания [160], потому что фосфор стимулирует нитрогеназную активность корневых узелков и физиологических процессов [161].

Применение более высоких доз фосфорных удобрений также увеличивает урожай зерна, повышает вес 1000 семян [160, р. 491]. Однако, данные выводы противоречат вышеизложенным выводам, где говорится, что фосфорные удобрения ускоряют созревание, а дозы от 20 до 80 кг д.в./га считаются лучшими. Это лишний раз доказывает отсутствие определенной универсальной дозы, и необходимости индивидуального подхода в расчетах необходимых доз.

Исследования, проведенные в ближнем зарубежье и схожих почвенно-климатических условиях, также показали положительное действие фосфорных удобрений на продуктивность чечевицы.

Так, исследования Кузнецова И.С., проведенные в Ставропольском крае на выщелоченных черноземах по определению зависимости продуктивности и качества чечевицы от фона минерального питания, показали положительное действие фосфорных удобрений в дозах P_{60} и $P_{60}K_{60}$. На данных фонах была лучшая урожайность за 3 года (2001-2003) 24,9 и 25,1 ц/га и качество 25% белка [126, с. 41].

Исследования Есаулко А.Н. и Галда Д.Е., проведенные также в Ставропольском крае на выщелоченных черноземах, показали, что от внесения доз $P_{40}K_{30}$ и $N_{25}P_{45}K_{18}$ (рассчитана на планируемую урожайность 20 ц/га по методике Агеева В.В.) содержание фосфора увеличилось с 26,5 до 30,0 мг/кг почвы. При этом сорт «Веховская» показал хорошую урожайность при 30 мг/кг – 20,5 ц/га и «Канадская красная» – 17 ц/га [110, с. 23].

Опыты Карпова Л.В., проведенные в Пензе в 2005-2007 гг. на черноземах выщелоченных среднемощных тяжелосуглинистых с содержанием гумуса в пахотном слое 5,85 %, общего азота – 99,0-105,0 мг, подвижного фосфора – 88-112 мг (по Чирикову), подвижного калия – 110-140 мг на 1 кг почвы, рН (КСl) – 5,1-5,3, показали средний урожай чечевицы 1,35 т/га, при внесении расчетной дозы удобрений $P_{60}K_{60}$ – 1,59 т/га [162].

Исследования, проведенные в схожих с Северным Казахстаном условиях Канады с уровнем нитратного азота в слое 0-15 см почвы от 15,5 до 22,7 кг/га, доступным фосфором от 23 до 75 кг/га и доступным калием от 594 до 729 кг/га на разных удобренных фонах от 0 до 20 кг/га N, и 0 до 40 кг/га P показали, что эффективность внесения удобрений зависит от доступности питательных веществ в почве и погодных условий [163].

В лесостепи Украины в зависимости от культуры и почвенно-климатических условий под зернобобовые при основном внесении рекомендуется вносить $N_{20-30}P_{40-60}K_{40-60}$ [132, с. 656].

В Центрально-Черноземной зоне России на типичных и выщелоченных черноземах под зернобобовые рекомендуют вносить $P_{60}K_{40-60}$. В южных и юго-восточных районах рекомендовано ограничиться внесением P_{10} в рядки при посеве зернобобовых, а под вспашку $P_{30-40}K_{30-40}$ [132, с. 656].

В исследованиях, проведенных на южных черноземах Поволжья, установлено, что чечевица хорошо отзывалась на фосфор. Только при высокой (более 46 мг/кг P_2O_5 по Мачигину) и очень высокой (более 61 мг/кг P_2O_5 по Мачигину) обеспеченности фосфором как на обыкновенных, так и на южных черноземах, действие фосфорных удобрений на зернобобовые культуры не проявлялось. При низкой обеспеченности подвижным фосфором на обыкновенных черноземах оптимальные дозы составляли P_{40-60} , при средней – P_{20-40} , при повышенной – P_{10-20} в рядки [150, с. 10].

В исследованиях на обыкновенных черноземах Курганской области отмечено положительное действие фосфорно-калийных удобрений на урожайность чечевицы – 15,3 ц/га [164].

По мнению Петкова Д. (1999), фосфорно-калийные удобрения целесообразно вносить осенью, а азотные – перед посевом. В его исследованиях самым продуктивным был вариант $N_{30}P_{30}K_{30}$ плюс 100 г/га Мо – урожай составил 1,36 т/га, что на 41,7% больше контроля [66, с. 36; 165].

Из вышеизложенного, можно отметить, что сведения по влиянию минеральных удобрений, вносимых под чечевицу, особенно при применении в схожих с темно-каштановыми почвами условиях черноземных почв, малочисленны и весьма противоречивы, а по темно-каштановым почвам вообще схожие исследования отсутствуют.

В условиях Северного Казахстана ряд исследований было направлено на селекцию и решение вопросов по технологии возделывания чечевицы.

Например, были выведены отечественные сорта *Lens culinaris* «Крапинка» и «Шырайлы» в 2015 году в ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Ведется селекция зернобобовых культур. Было установлено, что в условиях степной зоны Акмолинской области на южных черноземах, в изученных 100 сортаобразцах чечевицы, масса 1000 семян варьировала от 24 до 81,41 г и зависела от сортовых особенностей [166-168].

Также были изучены лучшие технологии обработки почвы для возделывания чечевицы. Установлено, что лучший способ обработки почвы при возделывании чечевицы – минимальная обработка. Оптимальные сроки посева с 15 по 25 мая, оптимальная норма 2,2-2,5 млн. всхожих семян/га при рядовом посеве [169, 170].

Однако, глубоких исследований по вопросу минерального питания и применения минеральных удобрений по чечевице в условиях Северного Казахстана не проводилось. Решению вопросов оптимизации минерального питания и разработке приемов управления плодородием почв, обеспечивающих реализацию потенциальной продуктивности чечевицы в сухостепной зоне Северного Казахстана и посвящена данная диссертационная работа.

Также, немаловажными элементами в формировании урожайности чечевицы, как и любой другой культуры, являются параметры структуры урожая.

Значимое влияние на формирование урожайности у зернобобовых культур имеют параметры субкомпонентов семенной продукции (структуры урожайности): количество бобов на растении, количество семян в бобе, масса семян с растения и масса 1000 семян [171].

Многие исследователи отмечают положительное действие увеличения доступного фосфора на ветвление растения, озарённость одного растения и саму урожайность [172-175].

Поскольку бобы являются важным атрибутом в формировании урожая, применение фосфорных удобрений и увеличение доступности питательных веществ увеличивает количество бобов и массу 1000 семян [147, р. 14324; 154, р. 1398; 176]. Это связано со стимулированием фосфора к цветению и плодоношению чечевицы, которое приводит к формированию большего количества бобов [177].

Озарённость в бобах увеличивается с последовательным повышением уровня фосфора [178].

Сильная положительная взаимосвязь выявлена между урожайностью с массой семян с одного растения ($r=0,80\pm 0,04$) и с количеством бобов с одного растения ($r=0,80\pm 0,04$) [95, с. 45].

На фоне улучшения фосфорного питания идет увеличение массы 1000 семян. Кузнецов И.С. и Абросимов А.А. (2006) утверждают, что при внесении минеральных удобрений ($N_{30}P_{60}K_{60}$) увеличивается масса 1000 семян на 0,6-0,8% [126, с. 41]. Некоторые авторы считают, что очевидный эффект в увеличении массы 1000 семян связан с воздействием фосфора на деление клеток семени и образование жиров и альбуминов [177, р. 523].

Однако, в некоторых исследованиях отмечалось увеличение всех структурных показателей, кроме массы 1000 семян [153, р. 80], что напрямую зависит от климатических условий.

В других исследованиях говорится, что количество бобов на растении значительно увеличивается с увеличением уровня фосфора, но до определенного уровня 40 кг $P_2O_5/га$ (77,71), дальнейшее увеличение уровня фосфора до 60 кг $P_2O_5/га$ (79,79) не принесло существенной разницы в количестве бобов на растении. При этом максимальное количество семян в бобе (1,74) было зарегистрировано при внесении 60 кг $P_2O_5/га$, и оно оставалось на уровне 40 кг $P_2O_5/га$ (1,68). Авторы предполагают, что вероятная причина увеличения количества бобов и семян связана с фосфорными удобрениями и в обеспечении доступности других питательных веществ растениям, которые увеличивают накопление углеводов и их ремобилизацию в репродуктивные части растения, являющиеся ближайшим поглотителем. Известно, что фосфор стимулирует цветение и плодоношение, что, возможно, стимулировало растения к производству большего количества бобов на растении, а также позволяет сформировать большее количество семян в бобе [179, р. 166].

Структурные показатели урожайности зависят от факторов плодородия и изменяются на фоне применения минеральных удобрений.

Анализ литературных данных свидетельствует об эффективности применения минеральных удобрений под чечевицу. Чечевица отзывчива на внесение и азотных, и фосфорных удобрений.

Однако их эффективность обуславливается исходными показателями обеспеченности почв данными элементами что, к сожалению, не учитывалось авторами. В итоге всеми авторами отмечается хорошая реакция чечевицы на удобрения, но сколько нужно внести в конкретной ситуации, как определить оптимальную дозу – вопрос остается открытым и требует изучения.

Зернобобовые культуры по составу зерна и соломы отличаются от других культур, в том числе и от зерновых злаков, повышенным содержанием азота, фосфора, калия, кальция, а часто магния и серы [132, с. 655].

Одним из показателей отзывчивости чечевицы на минеральные удобрения является изменение химического состава растений в период вегетации и улучшение качественных показателей, в частности содержание белка, углеводов и т.д.

В исследованиях Кузнецова И.С. и Абросимова А.А. (2006) выявлено, что в начале вегетации содержание азота в листьях, стеблях, корнях и клубеньках практически на одинаковом уровне, вне зависимости от условий минерального питания, однако далее оно меняется [127, с. 35].

Климатические условия также оказывают значительное влияние на содержание азота в растениях. В засушливый год его концентрация наиболее высокая независимо от фона питания, сортовые отличия также имеют весомую роль [180].

Содержание азота в растениях чечевицы от начала роста до начала налива семян растет. По фосфору наоборот, наиболее высокое содержание фосфора в растениях наблюдается в фазу всходов и снижается в процессе вегетации вплоть до полной спелости. Авторы Галда Д.Е. и Есаулко А.Н. (2017) пришли к выводу, что содержание фосфора в растениях обратно пропорционально количеству выпавших осадков, и что применение фосфорных удобрений достоверно повышает содержание фосфора в растениях [180, с. 95].

Погодные условия с низким уровнем выпавших осадков приводят к повышению концентрации калия в растениях. А внесение минеральных удобрений не влияет на содержание калия в растениях. Содержание калия в растениях достоверно снижается от фазы всходов до полной спелости: всходов - ветвление – 1,09%, ветвление-цветение – 1,04%, цветение-полная спелость – 0,73% [180, с. 95].

Питательные элементы накопившиеся в период вегетации также являются источником питательных веществ при формировании семян, поэтому исходное их содержание в растениях способствуют дальнейшим изменениям показателей качества.

Шевцова Л.П. установила, что к фазе налива семян содержание азота резко уменьшается в листьях с 2,94-3,14% до 1,82-1,94%, стеблях с 1,61-1,76% до 0,88-

1,12% и створках бобов с 1,04-1,15 до 0,61-0,66%, что объясняется усиленным его накоплением в зерне, где оно достигает 3,86-4,26% [108, с. 42].

В семенах чечевицы содержание белка 21,0-34,5%, углеводов 59-69%, из которых большинство – крахмал, жиры 1,8%, золы 0,2-3,1%, фосфора 0,45%, калия 1,16%, магний 10,0%, кальция 0,07% [5, р. 133; 111, р. 27; 157, р. 748].

В чечевичном белке 39,3 г аминокислот на 100 г продукта. Очевидно, что чечевичный белок содержит все незаменимые аминокислоты. Однако, как и другие бобовые культуры, он ограничен в аминокислотах триптофаном, треонином и серой [6, р. 64].

Семена чечевицы содержат до 70% углеводов, большинство из которых присутствует в виде крахмала и колеблется от 35 до 53% в семенах чечевицы в зависимости от сорта [5, р. 149; 181].

Крахмал существует в виде крахмальных гранул, диспергированных в белковой матрице в семенных семядолях. В пищевой промышленности крахмал используется в качестве основного, так и второстепенного ингредиента, придающий некоторые специфические свойства, такие как сгущение, гелеобразование, адгезия и инкапсуляция [182].

Химический состав семян зависят от многих факторов одним из которых являются особенности сорта (генотипы) и условия произрастания.

Исследования George J. Vandemark, Michael A. Grusak, Rebecca J. McGee (2018) по изучению генотипов чечевицы проведенные в засушливых штатах (Монтана, Вашингтон) США показали, что концентрация элементов в семенах чечевицы варьировала в зависимости от сорта (генотипа) и условий местности. Содержание: В 7,02-9,28 мг/г, Са 410-716мг/г, Си 8,54-11,36 мг/г, Fe 68,85-86,45 мг/г, К 9 596-10 643 мг/г, Mg около 1000 мг/г, Mn 13-19,30 мг/г, Ni 3,67-4,6 мг/г, Р 4140-4630 мг/г, S 1896-2099 мг/г, Se 0,38-0,52 мг/г, Zn 34,0-53,08 мг/г [183].

В улучшении качественных показателей важную роль играют удобрения, отмечено положительное действие фосфорных удобрений на содержание белка.

В исследованиях Tophia Yumnam, Edwin Luikham and A. Herojit Singh (2018) максимальное содержание сырого белка в семенах было зафиксировано на фоне с 60 кг P₂O₅/га (24,19%). Авторы считают, что фосфор является важным компонентом ДНК и различных форм РНК, которые необходимы для синтеза белка. Кроме того, на содержание белка влияло образование клубеньков, которое увеличивало концентрацию N в семенах [179, р. 166].

Применение азотных удобрений способствует большему накоплению фосфора в семенах [147, р. 14324]. Увеличение содержания доступного фосфора стимулирует увеличение содержания белка, N, P, K, Fe, Mn, Zn в семенах. Увеличение этих показателей семян автор объясняет тем, что фосфор улучшает развитие корневой системы, что в свою очередь позволило использовать эти элементы больше [157, р. 749]. Также установлено, что содержание белка в зерне положительно коррелирует с внесением фосфорных удобрений, каждое увеличение уровня фосфора с 30 до 60 кг/га – увеличивало содержание фосфора и сырой протеиновый коэффициент зерна чечевицы [176, р. 1258].

Из литературного обзора очевидно, что минеральные удобрения не только повышают урожайность, но и улучшают качество продукции.

2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агрохимическая характеристика почв

Исследования проводились в 2018-2020 гг. в Акмолинской области, Целиноградском районе, АО "Агрофирме "Актык", расположенной в сухостепной зоне Северного Казахстана в 30 км к юго-западу от г. Астана.

Почва – темно-каштановая карбонатная легко глинистая с содержанием гумуса 2,9-2,95%, валового азота 0,17%, фосфора 0,15%, Са+Mg 22-25 мг экв/100 г почвы, рН слабощелочная (8,08-8,12) [184].

Территория области располагается в двух широтных почвенных зонах, трех подзонах и в двух высотных поясах [185-187]:

1. Горизонтальные зоны обычных равнин: 1. Степная зона с 3-я подзонами:

– умеренно-увлажненных степей на черноземах обыкновенных и сопутствующих им почвах;

– умеренно-засушливых степей на черноземах южных и сопутствующих им почвах;

– сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые), и им сопутствующих почвах;

2. Пустынно-степная (полупустынная) зона на светло-каштановых и сопутствующих им почвах, по Л.С. Бергу [188].

Каштановые почвы занимают 17 млн. га. В Акмолинской области на них приходится 40% пашни, их общая характеристика дана в работах В.В. Редкова [189].

Темно-каштановые почвы отличаются сравнительно развитым профилем, 90-95 см. Мощность гумусового слоя варьирует в пределах 38-45 см, гумуса содержится в пределах 3,0-4,5%.

По данным И.В. Тюрина и М.М. Кононовой [190] запасы гумуса в темно-каштановых почвах в слое 0-20 см составляют 99 т/га.

Темно-каштановые почвы отличаются от черноземов не только по количеству, но и по качеству гумуса. Гуминовых кислот больше всего в черноземах. Их соотношение к фульвокислотам равно 1,5-2,5, а в темно-каштановых почвах это соотношение уже. Почвы богаты калием и валовым фосфором – до 0,16% [189, с. 30].

Содержание валового азота не превышает 0,20%. С глубиной содержание его уменьшается. Отношение С:N довольно широкое – 12-12,7 (в верхнем горизонте), ниже по профилю оно становится уже.

Темно-каштановые почвы плохо обеспечены подвижным фосфором, хорошо обеспечены лишь подвижными формами калия.

Фракционный состав фосфора и его валовое содержание находятся в тесной связи с физико-химическими свойствами почвы. Преобладающая часть представлена фосфатами кальция различной степени растворимости. Из активных фосфатов основная часть представлена высокоосновными фосфатами типа гидроксилпатита, абсолютное и относительное содержание которых

увеличивается вниз по профилю. Содержание рыхлосвязанных дикальций-фосфатов, являющихся ближайшим резервом в питании растений, незначительное и является типичным для почв Северного Казахстана.

В целом по Северному Казахстану основные сельскохозяйственные угодья характеризуются низким и очень низким содержанием подвижного фосфора (от 70 до 90% по разным регионам и областям). Наблюдаемое явление объясняется сравнительно слабой растворимостью природных фосфатов и недостаточным количеством вносимых фосфорных удобрений.

Заметное выделение карбонатов, чаще всего в виде белоглазки, отмечается на глубине 40-45 см. Вскипание от соляной кислоты наблюдается с 35-40 см. Гипс в виде мелких чешуек и друз обнаруживается с глубины 100-120 см.

Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах слабощелочная (рН 6,9-7,8), в нижних щелочность увеличивается (рН 8,2-9,0). Емкость поглощения составляет 18-21 мг/экв. на 100 г почвы [184, с. 16].

Из поглощённых оснований преобладает кальций (до 87% от суммы), значительно меньше магния и совсем немного натрия – не более 2% от суммы поглощённых оснований.

Почвы опытного участка характеризуются аналогичными показателями: мощность гумусового горизонта (A_n+B_1) варьирует в пределах 43-44 см. Средневзвешенное содержание гумуса в горизонте A_n составляет – 2,70%, с глубиной количество его уменьшается: в горизонте B_1 – до 2,13%, B_2 – 1,64%, B_C – 0,64%. Почва относится к слабогумусированным.

Морфологическая характеристика почв на опытном поле по заложенному ГосНПЦзем разрезу приведена ниже:

A_n 0-26 см. Темно-каштановый, увлажненный, уплотненный, пылевато-комковатый, вскипает бурно с поверхности, тяжелосуглинистый. Переход постепенный по цвету, заметный по сложению.

B_1 26-44 см. Каштаново-бурый, свежий, плотный, комковатый, пятно - карбонатов с глубины 37 см, легкоглинистый. Переход постепенный.

B_2 44-65 см. Бурый, свежий, плотный, комковатый, карбонатный, легкоглинистый. Переход постепенный.

B_C 65-84 см. Светло-бурный с отметками гумуса, свежий, плотный, комковатый, карбонатный, легкоглинистый. Переход постепенный.

C 84-200 см. Желто-бурый, свежий, плотный, бесструктурный, карбонатный, тяжелосуглинистый.

Содержание общего азота в горизонте A_n – 0,17%, обеспеченность азотом средняя, подвижными формами фосфора – низкая (1,63 мг/100 г), калия – высокая (54,1 мг/100 г почвы).

Емкость поглощения в гумусовых горизонтах довольно высокая – 23,0 мг/экв на 100 г почвы, преобладают катионы кальция (17,87-19,03 мг/экв на 100 г) и магния (4,14-5,78 мг/экв на 100 г).

Актуальная кислотность почвы щелочная, величина рН составляет 8,0-8,3.

По механическому составу почва относится к легкой глине, причем, содержание отдельных фракций мало изменяется по генетическим горизонтам.

Содержание физической глины (частица не менее 0,001 мм) в пахотном горизонте в среднем 61,3%, что относится к легкоглинистым разновидностям. Механический состав нижележащих горизонтов почвенного профиля – легкоглинистый с преобладанием илистой фракции ($\leq 0,001$ мм), от 31,9% - в Ап до 41,0% - в горизонте ВС.

Как видно из приведенных данных, почвы опытного поля являются типичными для данного подтипа почв сухостепной зоны.

2.2 Климат

Агроклиматическая зона места проведения исследования – слабо влажная, умеренно засушливая с $\sum t_{10^0} = 2200-2500^0\text{C}$ [191].

Полная характеристика климатических условий дана в работах Байшоланова С.С. [191, с. 168-183; 192-194].

Годовая сумма суммарной солнечной радиации (MQ) по территории Акмолинской области колеблется в пределах 6100-6500 МДж/м² при ясном небе и в пределах 4600-5000 МДж/м при средних условиях облачности. При таком раскладе фактически на земную поверхность поступает около 75% от возможной суммарной радиации [191, с. 174; 192, с. 46].

В среднемноголетнем по территории Акмолинской области годовое количество часов с солнечным сиянием (SS) возрастает с севера на юг от 2298 до 2531 часов, т.е. в среднем за год солнце сияет в течение 7,1-7,6 часов в сутки. Самыми солнечными месяцами являются май, июнь и июль, когда в среднем солнце сияет в течение дня на юге области 10,3-11,3 часов, на севере 9,9-10,6 часов [191, с. 174; 192, с. 46].

Оценка световых ресурсов вегетационного периода проводится по распределению суммы ФАР по территории области. Для расчета суммы ФАР используется уравнение, предложенное Гуляевым Б.И., Томингом Х.Г. и Ефимовой Н.А. [195].

Месячные суммы ФАР при средней облачности в вегетативно активный период (с мая по август) составляют 274-329 МДж/(м²-мес) на севере области, 288-365 МДж/(м²-мес) на юге области. Максимальное значение ФАР наблюдается в июне. В сентябре, в период полного созревания и уборки зерновых культур ФАР при естественных условиях опускается ниже 200 МДж/(м²-мес) [191, с. 174; 192, с. 48].

Для территории Акмолинской области в целом свойственно широтное распределение температуры воздуха. Средняя годовая температура воздуха по территории области меняется от 1,6°C на МС Балкашино до 3,6°C на МС Астана. Среднемесячная температура воздуха достигает наибольшего значения в июле, а наименьшего в январе. В области лето теплое, а зима холодная. Средняя температура воздуха за июнь составляет +17,5-20,0°C, за июль +18,5-21,2°C, в январе в пределах -14,3-16,5°C, в февраль -13,8-16,2°C. Абсолютная максимальная по области температура воздуха +42°C была зафиксирована в июне 1988 года на МС Коргалжын, абсолютная минимальная температура воздуха - 52°C была зафиксирована на МС Астана в январе 1893 года, а также -

49°C на МС Балкашино в январе 1972 года, для г. Щучинск она составила - 46°C в декабре 1976 года [191, с. 176; 192, с. 49].

Повторяемость относительно жаркого лета составляет – 21%, прохладного лета – 18%, а нормального для данной местности лета – 61%, относительно теплой зимы – 17%, относительно холодной зимы – 18%, а нормальной для данной местности зимы – 65% [191, с. 180; 192, с. 50].

Таким образом, в Акмолинской области относительно жаркое лето и прохладное лето наблюдаются по 2 года из 10 лет. Зима аналогично. Нормальное, т.е. свойственное для данной области лето и зима наблюдается в 6 из 10 лет.

Континентальность климата оценивается по индексу Горчинского Л. (к) [196].

По данному индексу в мягком морском климате – $k < 20$, в умеренно морском – $k = 20,1-30\%$, в умеренно континентальном – $k = 30,1-50\%$, в континентальном – $k = 50,1-70\%$, в резко континентальном – $k = 70,1-90\%$, в сильно континентальном климате $k > 90\%$ (в Верхоянске $k = 100\%$). По территории области индекс континентальности меняется от 50,0 (МС Боровое) до 59,8 (МС Коргалжын), и соответственно климат в районе п. Боровое является умеренно континентальным, а на остальной территории области – континентальным.

Известно, что существует 3 вида исчисления времен года: календарные, астрономические и климатические времена года. Так, устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха выше 0°C считают климатическим наступлением весны, выше 15°C – наступлением лета [191, с. 174; 192, с. 54].

В области климатическая весна начинается 3-7 апреля и продолжается 46-58 суток. Лето наступает на юге области в 20 числах мая, а на севере области – в начале июня. Далее осень начинается на севере области в конце августа, а на юге – в начале сентября. В области зима наступает в конце октября и бывает очень продолжительной, около 160 суток. Таким образом, в Акмолинской области самым продолжительным сезоном года является зима с продолжительностью более 5 месяцев (ноябрь-март), а лето длится в течение 3 месяцев. Продолжительность весны составляет чуть более 1 месяца, а осени – около 2 месяцев.

В среднем устойчивый переход температуры воздуха через 5°C весной происходит 14-21 апреля, а обратно осенью – 7-14 октября и продолжительность всего вегетационного периода составляет 170-183 суток [191, с. 174; 192, с. 56].

На территории области дата перехода суточной температуры воздуха через 10°C весной приходится на период 1-9 мая, а обратно осенью – 17-26 сентября.

За период с температурой воздуха выше 5°C (весь вегетационный период) на территории Акмолинской области накапливается от 2382°C до 2896°C тепла. За период с температурой воздуха выше 10°C накапливается тепло на 2102-2612°C. Применительно к теплолюбивым культурам (температура выше 15°C) ресурсы тепла составляют 1461-2074°C.

По территории области суммы активных температур воздуха выше 10°C растут с севера на юг от 2200°C до 2700°C, и в районе возвышенности Кокшетау она составляет менее 2200°C.

Оценки соответствия ресурсов тепла требованиям культур определяются значениями сумм температур при различной обеспеченности. Принято считать, что 80-90%-я обеспеченность растений теплом является хорошей [197]. По области обеспеченность теплом – хорошая.

В Акмолинской области в среднемноголетнем за год выпадает около 300 мм осадков и более. Наибольшее количество – 400 мм осадков за год выпадает в районе МС Балкашино. За теплый период года осадки выпадают в 1,5 раза больше, чем за холодный период года. Повторяемость относительно дождливого теплого периода (апрель-октябрь) составляет 18%, т.е. такие годы вероятны 2 раза в 10 лет, мало дождливого теплого периода составляет 12%, т.е. такой год вероятен 1 раз в 10 лет. В остальные 7 лет из 10 наблюдается обычный режим осадков, свойственный данному региону [191, с. 181; 192, с. 63].

В области по 2 года из 10 лет бывают относительно снежной и малоснежной зимой. В 6 годах из 10 лет за холодный период года выпадают осадки (снег) в пределах нормы, свойственной для данной территории.

В Акмолинской области снежный покров в среднем появляется во второй декаде октября, но устойчивый снежный покров образуется в первой половине ноября. Устойчивый снежный покров разрушается в начале апреля и полностью сходит во второй половине апреля. В области количество дней со снежным покровом составляет 148-167 суток и колеблется от 19 см на МС Степногорск до 49 см на МС Балкашино [191, с. 182; 192, с. 64].

Запасы воды в снежном покрове достигают наибольших значений в конце февраля - начале марта. В это время она доходит на МС Балкашино до 138 мм (~ 138 л/м²), а наименьшим запасом воды зафиксирован в снежном покрове в районе МС Кокшетау, менее 40 мм.

В течение холодного периода года по территории Акмолинской области в среднем выпадают осадки в пределах 65-129 мм. За теплый период года выпадает гораздо больше, в среднем 183-271 мм. Из них 122-190 мм осадков выпадают в период активной вегетации сельскохозяйственных культур.

Надо отметить, что по данным Сарсенбаева М.Х. и Калдарбековой Ж.М. [198], среднемноголетнее значение годовой испаряемости по территории Акмолинской области растет с севера на юг от 730 до 800 мм.

В среднем по территории Акмолинской области коэффициент увлажнения К составляет 0,67-1,14, и ему свойственно уменьшение с севера на юг.

Северная половина области, включая Кокшетаускую возвышенность и территорию выше Шортанды до Ерейментау и Степногорска, в период активной вегетации растений является «не засушливой» (ГТК > 0,8) по Селянникову. Территории восточнее и южнее этой зоны, являются «слабо засушливыми» (ГТК = 0,6-0,8), а юго-западная часть области является «умеренно засушливой» (ГТК < 0,6) [191, с. 181; 192, с. 73].

По территории Акмолинской области скорость ветра распределяется не равномерно. В течение года скорость ветра ослабевает летом и зимой, а в переходные сезоны – усиливается. Самым ветреным местом области является район МС Ерейментау, где среднегодовая скорость ветра составляет – 5,1 м/с. Наименьшая скорость ветра наблюдается в районе г. Щучинск, где среднегодовая скорость ветра равна – 2,7 м/с.

В Акмолинской области повторяемость атмосферной засухи составляет 31%, т.е. атмосферная засуха имеет вероятность проявления 1 раз в 3 года. Повторяемость сильной атмосферной засухи, когда урожайность снижается на 50% и более составляет 6%, т.е. имеет вероятность проявления 1 раз в 17 лет.

В Акмолинской области весенние последние заморозки в воздухе в среднем наблюдаются на юге области 3-12 мая, на севере – в районе Кокшетауской возвышенности 24-29 мая, также на остальной территории области заморозки отмечаются 13-19 мая. В годы с поздней и затяжной весной заморозки прекращаются на юге области в начале июня, на севере – в конце июня [191, с. 174; 192, с. 90].

В среднем первые осенние заморозки в районе Кокшетауской возвышенности наблюдаются 8-12 сентября, а на остальной территории 16-23 сентября. Их пространственное распределение по области – в целом равномерное. В годы с прохладной и ранней осенью заморозки наблюдаются в районе Кокшетауской возвышенности 3-18 августа, а на остальной территории – в конце августа.

2.3 Методика исследований

Исследования проводились в АФ «Актык», на темно-каштановых, карбонатных, легкоглинистых почвах с содержанием общего гумуса 2,95-2,97%, валового азота 0,17%, фосфора 0,15%, подвижного калия более 60 мг/100 г почвы, рН слабощелочная (8,08-8,1), сумма поглощенных Са+Mg 20-22 мг-экв на 100 г почвы [184, с. 16].

Опыты закладывались с тремя сортами чечевицы: «Веховская», «Крапинка» и «Viceroy» на 10 азотно-фосфорных фонах питания (6 фосфорных и 4 азотных включая контроль) в 3 кратной повторности по ниже приведенной схеме:

- | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. О – контроль (без удобрений) | 5. P ₁₅₀ | 9. P ₉₀ N ₉₀ |
| 2. P ₆₀ | 6. P ₁₈₀ | 10. N ₃₀ |
| 3. P ₉₀ | 7. P ₉₀ N ₃₀ | |
| 4. P ₁₂₀ | 8. P ₉₀ N ₆₀ | |

Всего 90 экспериментальных делянок. Размер делянок 52,5 м² (21×2,5 м). Азотно-фосфорные фоны создавались внесением аммофоса марки А (10% N, 52% P₂O₅) и аммиачной селитры (34,6% N) сеялкой СЗС-2,1 на глубину 12-14 см (рисунок 1), с последующим прикатыванием [184, с. 16].

В связи с высокой обеспеченностью почв калием, варианты с калийными удобрениями не закладывались.



Рисунок 1 – Поделяночное внесение удобрений

Посев культур проводился в оптимальные для зоны сроки – 15-20 мая. Предшественник – вторая культура (пшеница) после пара. Чечевица высевалась из расчета 2,2 млн. всхожих семян на га.

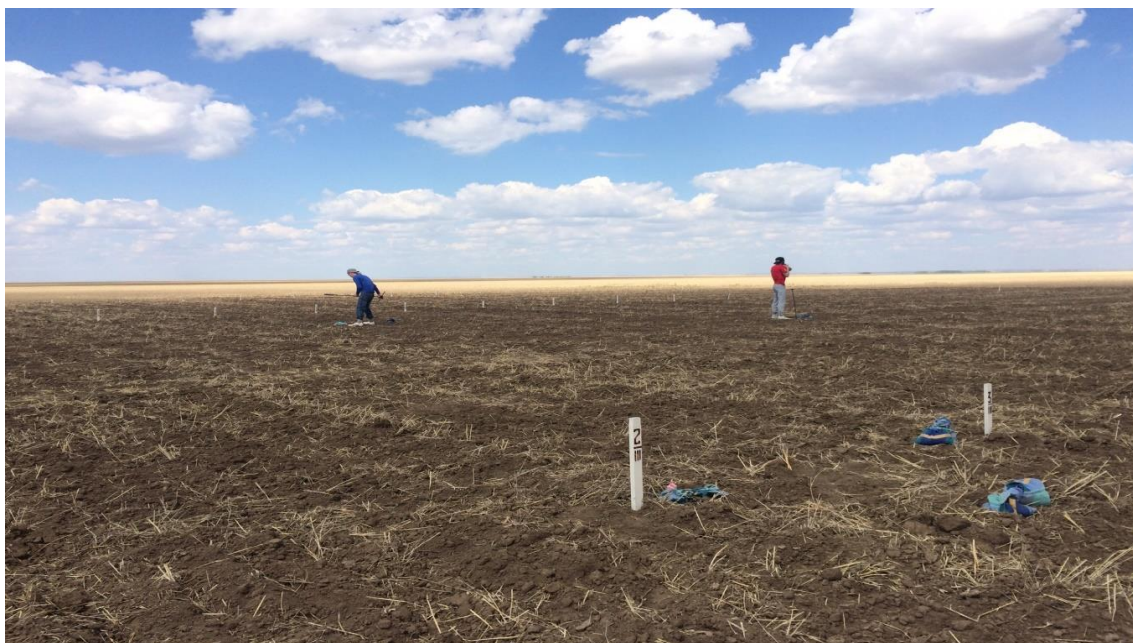


Рисунок 2 – Поделяночный отбор почвенных проб

В соответствии с рисунком 2, в опытах, для изучения важнейших агрохимических свойств почвы и влияния на них удобрений на контрольных и удобренных вариантах отбирались почвенные образцы.

Для изучения содержания и динамики влажности почвы и элементов питания образцы отбирались на контрольном варианте на глубину 0-100 см через каждые 20 см почвы (ГОСТ 17.4.402-84). Для изучения влияния удобрений на

плодородие почв образцы отбирались по всем удобренным вариантам на глубину 0-20 и 20-40 см из 5 точек на делянке. В отобранных образцах определялись влажность почвы весовым методом (ГОСТ 28268-89), гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91), рН водной вытяжки ионометрически на иономере – И 160 МИ (ГОСТ 26483-85), нитратный азот на нитрат-анализаторе 150.1 МИ (ГОСТ 26951-86), подвижный фосфор и обменный калий из одной вытяжки по Мачигину (ГОСТ 26205-91), поглощенные Ca^{2+} , Mg^{2+} трилонометрическим методом (ГОСТ 26428-85) [184, с. 16].

В процессе вегетации отбирались растительные образцы со всех вариантов всех опытов по 50 растений чечевицы с делянки проходом по диагонали для определения накопления сухого вещества и химического состава растений.

Все анализы выполнялись в 2-х кратной повторности. Ежегодно анализировалось более 1000 аналитических проб почвы и 360 растительных проб.

Перед уборкой урожая отбирались пробные снопы для структурного анализа урожая, химического состава основной и побочной продукции. Учет урожая проводился снопами в 6 кратной повторности, с последующим обмолотом в колосовой молотилке LD 180.

Анализ химического состава растений определялся по методике Пиневица [199], содержание белка и сырого протеина пересчитывались по ГОСТ Р 54390-2011/ISO/TS 1664-2:2009.

Математическая обработка проведена по Доспехову [200].

Экономическая эффективность изучаемых приемов определялась по П.Ф. Меньшикову [201].

Результаты полевых и лабораторных исследований подвергались математической обработке и корреляционному анализу на предмет установления количественной связи продуктивности культуры с агрохимическими свойствами почв.

2.4 Краткая характеристика сортов

Характеристика сорта Крапинка. Подвид *microsperma* Var. Разновидность *var. Atrogrisea*. Масса 1000 семян от 39 до 43 г, содержание белка от 26,11 до 29,52%. Сорт раннеспелого типа созревания. Продолжительность периода от всходов до созревания варьирует от 70 до 110 дней. Повреждаемость вредителями слабая. Поражаемость аскохитозом и фузариозным увяданием средняя. Сорт выведен в НПЦЗХ им. А.И. Бараева, Казахстан. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2016 году [202].

Характеристика сорта Веховская. Сорт «Веховская» создан на Петровской селекционной опытной станции (Пензенская область), отнесен к сортам ценным по качеству, скороспелый (созревает за 77-80 дней). Содержание белка – 24-29%, масса 1000 семян – 65-82 г. Устойчивость к засухе – выше средней, к растрескиванию бобов – средняя, к повреждению вредителями – высокая, слабо восприимчив к фузариозу. Сорт высокоурожайный. Включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 1992 года [203].

Характеристика сорта Viceroy. Сорт считается среднеспелым, семена созревают за 76-80 дней, после созревания семена становятся гладкими, сохраняется зеленая окраска. Масса 1000 семян – 25-35 г. Чечевицу этого сорта отличают высокие товарные и кулинарные качества. Растения устойчивы к заболеваниям, полеганию, засухе и осыпанию. Сорт выведен в Канаде [204].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Метеорологические условия в годы исследования

Погодные условия в 2018-2020 гг. складывались по разному. Наиболее благоприятными по количеству осадков были 2018 и 2020 годы [184, с. 18] (таблица 1).

Таблица 1 – Количество и характер распределения осадков, мм

Месяцы	Средне-многолетние	2017/18 с/х г.	±	2018/19 с/х. г.	±	2019/20 с/х. г.	±
Осадки, мм							
IX-III	141	156,0	15,0	145,3	4,3	141,6	0,6
IV	20	25,7	5,7	7,0	-13,0	32,0	12,0
V	31	24,0	-7,0	3,6	-27,4	3,2	-27,8
VI	41	56,9	15,9	38,3	-2,7	67,8	26,8
VII	52	26,1	-25,9	11,4	-40,6	46,2	- 6,0
VIII	41	41,4	0,4	3,6	-37,4	29,2	-11,8
V-VIII	165	139,6	-25,4	56,9	-108,1	146,4	-18,6
С/х год	326	330,1	4,1	209,2	-116,8	320,0	-6,0
Температура, °С							
IV	1,5	5,0	3,5	5,0	3,5	11,0	9,5
V	12,5	10,0	-2,5	12,7	0,2	19,0	6,5
VI	18,1	17,5	-0,6	15,9	-3,8	19,0	0,9
VII	20,4	21,4	1,0	22,0	1,6	22,0	1,6
VIII	17,9	18,3	0,4	22,1	3,2	21,0	3,1
Примечание – ± – отклонение от среднемноголетней нормы							

Из таблицы 1 видно, что количество осадков за 2017/18 сельскохозяйственный год было на уровне средних многолетних, но распределение в период вегетации было не равномерным и разным: май месяц и особенно июль были относительно засушливыми. Наибольшее количество осадков выпало в конце июня месяца (59 мм), что превысило среднемноголетние на 15,0 мм. В целом за вегетационный период выпало 139,6 мм, что на 25,4 мм ниже нормы [184, с. 19; 205].

Температурный фон был также контрастным. Май и июнь сопровождались низкими температурами. Дефицит тепла в мае привел к задержке появления всходов на 10-12 дней. В остальные месяцы температурный фон был в пределах среднемноголетней нормы. В целом вегетационный период был благоприятным – ГТК=0,95.

2019 год был крайне засушливым. Количество осадков за 2018/19 сельскохозяйственный год составило всего 209,2 мм, что ниже уровня средних многолетних на 116,8 мм. Из них основное количество выпало в осенне-зимне-весенний период – 145,3 мм, что на 4,3 мм больше среднемноголетней нормы. Вегетационный период был крайне засушлив – ГТК=0,31. За май-август месяцы осадков выпало всего 56,9 мм, что составляет 30% от среднемноголетней нормы. Но и выпавшие осадки распределились крайне неравномерно. В июне месяце

выпало 38 мм или 67%, в июле 11,4 мм (22%), в мае и августе по 3,6 мм. Только в июне месяце количество осадков было близким к норме. Остальной период вегетации сопровождался воздушной засухой. Температурный фон в июне месяце был ниже нормы на 3,8°C. В остальные месяцы, наоборот, выше: в апреле на 3,5°C, мае на 0,2°C, июле на 1,6°C, августе на 3,2°C [184, с. 19; 206].

За 2019/20 сельскохозяйственный год количество осадков составило 320 мм, что на уровне средних многолетних норм. Вегетационный период был средне засушливым – ГТК = 0,72. Исключительно сухим был май месяц в 2020 году. Засушливым был и август. Засушливость мая месяца усиливалась высоким температурным фоном. Майскую засуху в 2020 году растения пережили за счёт осенне-зимне-весеннего запаса и осадков апреля месяца. Наибольшее количество осадков выпало в июне и превышало среднемноголетнее на 26,8 мм. В остальные месяцы осадков выпало меньше многолетней нормы [184, с. 19].

В целом за вегетационный период (май-август) выпало 146,4 мм, что на 18,6 мм меньше среднемноголетней нормы. За счет обильных осадков июня и июля ситуация с гидротермическим режимом в 2020 году складывалась благоприятно для формирования урожая.

Сравнительная характеристика гидротермических условий в годы исследования показана на рисунке 3.

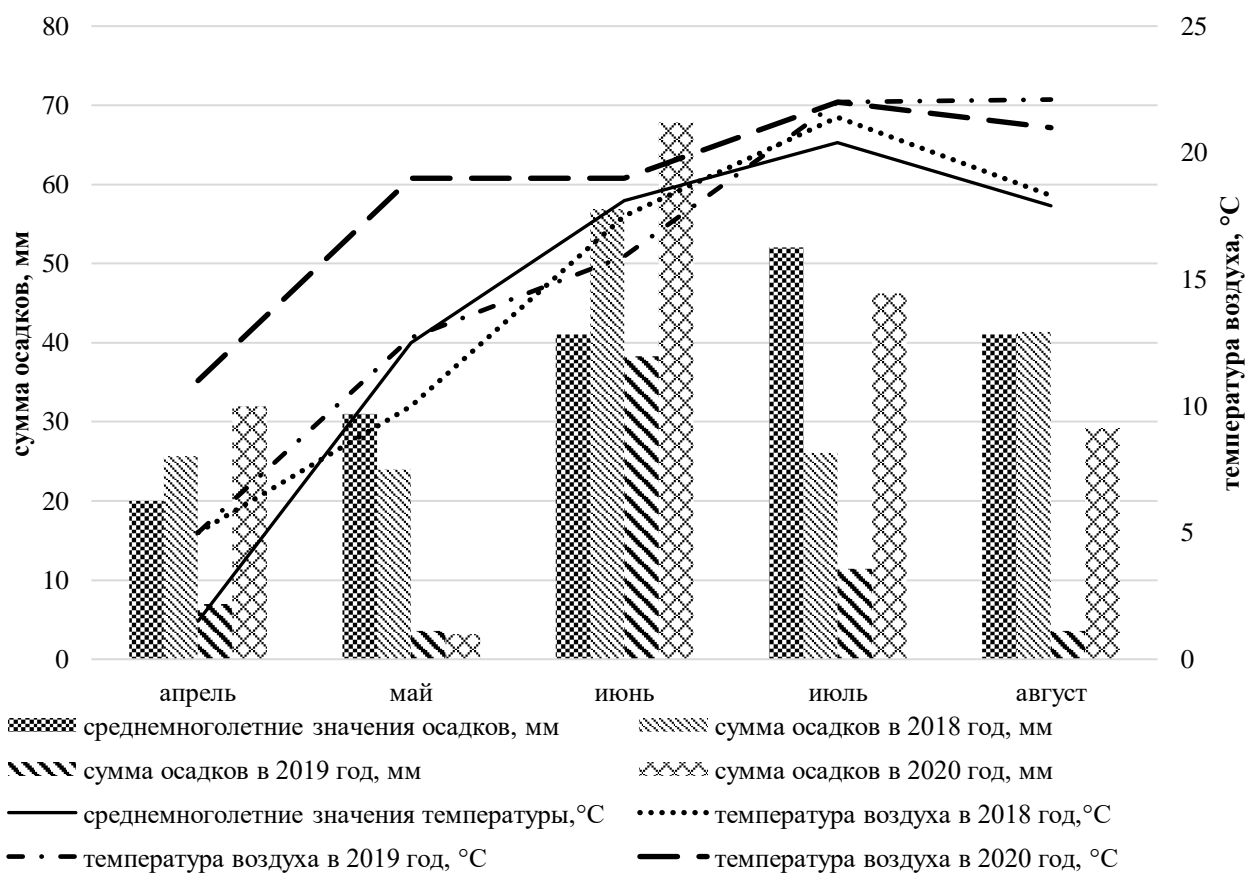


Рисунок 3 – Гидротермические условия вегетационного периода за 2018-2020 гг.

Анализ погодных условий в годы исследований показал, что наиболее благоприятным для вегетации чечевицы был 2018 и 2020 год. В 2019 году вегетация остановилась на фазе цветения.

Количество и характер распределения осадков сказался на запасах продуктивной влаги в почве.

3.2 Динамика продуктивной влаги

Количество продуктивной влаги оказывает прямое влияние на эффективное плодородие почвы, рост и развитие растений [66, с. 56].

Продуктивной влагой принято считать ту часть влаги почвы, которая превышает влажность устойчивого заведения и служит для формирования урожая сельскохозяйственных культур [66, с. 57; 207, 208].

В естественных условиях выращивания сельскохозяйственных культур основным источником, пополняющим запасы продуктивной влаги, являются атмосферные осадки [209, 210].

В годы исследований количество осадков и характер их распределения были разными. Содержание и динамика продуктивной влаги в почве в 2018-2020 гг. представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание и динамика продуктивной влаги в почве в течении вегетации чечевицы, мм

Слой почвы, см	2018 год			2019 год			2020 год		
	посев (15.05.)	ветвление (22.06.)	цветение (09.07.)	посев (18.05.)	ветвление (24.06.)	цветение (17.07.)	посев (20.05.)	ветвление (17.06.)	цветение (13.07.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Крапинка									
0-20	29,5	11,8	11,4	28,4	17,7	1,2	19,3	26,0	17,6
20-40	35,1	19,8	19,5	34,8	24,7	3,7	19,2	27,0	21,8
0-40	64,6	31,6	30,9	63,2	42,4	4,9	38,5	53,0	39,4
40-60	32,7	26,6	23,9	32,4	30,0	15,1	23,5	34,6	26,0
60-80	31,2	36,6	35,1	27,0	29,7	20,3	28,8	44,6	36,7
80-100	26,7	25,1	29,9	25,7	28,8	15,6	28,1	39,7	31,6
0-100	155,2	109,4	115,1	148,3	130,9	55,7	118,9	171,7	133,5
Веховская									
0-20	30,1	14,9	12,8	27,3	20,5	2,4	17,8	27,1	19,0
20-40	34,0	22,2	13,0	33,7	25,9	6,9	19,8	27,4	25,3
0-40	64,1	37,1	25,8	61,0	46,4	9,3	37,6	54,5	44,3
40-60	33,4	26,4	24,8	33,4	30,2	14,7	23,1	32,4	28,6
60-80	36,5	28,2	35,4	29,7	33,5	22,3	30,2	38,8	37,6
80-100	31,1	24,8	30,6	24,8	28,5	17,9	25,7	36,6	33,2
0-100	165,1	116,5	116,7	148,8	138,6	64,2	116,6	162,3	143,6
Viceroy									
0-20	30,7	18,0	14,2	26,3	23,3	3,6	16,3	28,3	20,4
20-40	32,9	24,6	11,2	32,7	27,0	10,2	20,4	27,8	28,9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-40	63,6	42,6	25,4	59,0	50,3	13,8	36,7	56,1	49,3
40-60	34,2	26,4	25,8	34,3	30,5	14,4	22,6	30,3	31,3
60-80	41,8	30,1	35,7	32,4	37,2	24,2	31,6	33,1	38,5
80-100	35,5	24,5	31,4	23,8	28,3	20,3	23,3	33,4	34,7
0-100	175,2	123,6	118,3	149,4	146,3	72,6	114,2	152,8	153,7

Как видно из таблицы 2, количество продуктивной влаги в почве в период посева по всем сортам не имело существенной разницы, что еще раз подтверждает однородность и выровненность экспериментальной площадки.

В процессе развития растений запасы продуктивной влаги неуклонно снижались, достигая минимума в фазе цветения. Данная динамика обусловлена повышением потребления влаги растениями вследствие нарастания биомассы.

Характер изменения запасов продуктивной влаги под посевами чечевицы в период развития растений был разный по годам исследований.

Так, за счет выпавших в осенне-зимний период осадков 2018 год характеризовался высоким запасом влаги в весенний период – 155,2-175,2 мм, что обеспечило дружное появление всходов чечевицы [205, с. 19].

Запасы продуктивной влаги к фазе ветвления снизились до 109,4-123,6 мм. К фазе цветения запасы продуктивной влаги за счет июльских осадков сохранились на уровне 115,1-118,3 мм.

Такой запас влаги, на фоне оптимального температурного фона способствовал формированию хорошего урожая.

В условиях 2019 года за счет осенне-зимне-весенних осадков обеспечился высокий запас продуктивной влаги во всем метровом профиле. Но, уже в период посева содержание ее значительно снизилось, особенно, в слое 0-20 см. При отсутствии летних осадков этот процесс продолжался в течение всей вегетации. И уже к фазе цветения содержание продуктивной влаги снизилось не только в пахотном, но и в подпахотном горизонтах с 37-40 мм до 1,2-3,6 мм в слое 0-20 см и 3,7-10,2 мм в слое 0-40 см, т.е. практически запас продуктивной влаги приблизился к нулю, доступной влаги для растений не было. В метровом профиле почвы содержание продуктивной влаги в 2019 году в фазе цветения был в 2,5-3 раза меньше, чем в 2018 году. В этих условиях растения не могли полноценно развиваться [206, с. 21].

В 2020 году в посевной период запасы продуктивной влаги в метровом профиле (114,2-118,9 мм), в сравнении с 2018 г. (155,2-175,2 мм) и 2019 г. (148,3-149,4 мм) были ниже.

Но, в 2020 году ситуация улучшилась за счёт выпавших в июне-июле осадков (114 мм), что обеспечило повышение продуктивной влаги в фазе ветвления до 152,8-171,7 мм, к фазе цветения запасы сократились до 133,5-153,7 мм, но все также оставались на высоком уровне, что предопределило уровень сформировавшейся урожайности.

Наибольшие изменения в содержании продуктивной влаги в период вегетации происходили в верхних слоях почвы 0-20 см (CV% до 67,3%) и 20-40 см (CV% до 54,4%). Глубже содержание продуктивной влаги стабилизировалось. Это обусловлено снижением интенсивности испарения влаги с увеличением глубины и распределением корневой системы.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что содержание продуктивной влаги в 2018 и 2020 годах было на достаточном уровне для формирования высокого урожая.

3.3 Условия минерального питания

Питание растений – процесс поглощения и усвоения из окружающей среды химических элементов необходимых для жизни растений. Корневая система растений дифференцированно относится к поступающим питательным веществам. Элементы, находящиеся в дефиците, поступают в растения в первую очередь, тогда как ненужные растению ионы выводятся снова в почву вакуолям клеток корня или выкачиваются на поверхность листа специальными солевыми железами, откуда в последствии смываются дождем [207, с. 91; 211].

Элементы питания в почве могут находиться как в почвенном растворе – различные минералы и растворимые органические соединения, так и в органическом веществе почвы – растительные остатки, микроорганизмы, гумусовые вещества и в твердой фазе почвы [131].

Для растений хорошо доступными являются водорастворимые, а также обменно-поглощённые формы элементов питания. Остальные соединения не доступны растениям и могут усваиваться только после перехода в более доступную форму в результате разрушения первичных минералов, в процессе минерализации органического вещества и других процессов [131].

В то же время, следует отметить, что под влиянием внешних условий часть микро- и макроэлементов, находящихся в почве, может переходить в неусвояемую форму, например, при изменении реакции среды, усилении микробиологического закрепления питательных элементов и других процессов, что обуславливает уменьшение их поступления в растения. Изменяя реакцию среды, можно регулировать доступность элементов растениям [131, с. 5; 212].

Потребность растений в химических элементах выражается в разной степени, в зависимости от видовых особенностей растений, запасов тех или иных элементов в семенах, условий среды – ее почвенной реакции (рН), соотношения различных ионов в растворе, обеспеченности растений влагой, элементами питания. Последнее во многом зависит от метеоусловий [131; 207, с. 61].

Важнейшим фактором определяемым условия минерального питания культур является плодородие и физико-химические свойства почв. Ранее проведенными исследованиями Черненко В.Г. установлено, что такими свойствами являются содержание гумуса, суммы поглощённых оснований, рН, азота нитратов, подвижного фосфора, обменного калия [124, с. 38].

3.3.1 Содержание гумуса в почве опытного участка

Гумус – основная часть органического вещества почвы, полностью утратившая черты анатомического строения организмов. Делится на 2 большие группы веществ: неспецифические органические вещества и специфические гумусовые вещества. Гумусовые вещества представляют собой смесь различных по составу и свойству высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, объединенных общностью происхождения, некоторых свойств и чертами строения (Кауричев И.С., 1989) [213].

Гидротермический режим, характер увлажнения в годы исследований во многом предопределили условия почвенного питания. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что из всех изучаемых факторов высокой стабильностью отличались гумус, сумма поглощенных оснований и рН среды. В заложенных опытах гумус неизменно оставался на уровне 2,9-3,0% (таблица 3), (Приложение Б), что свидетельствует об однородности опытного участка [184, с. 22; 205, с. 21; 206, с. 22].

Таблица 3 – Содержание гумуса перед посевом чечевицы (2018-2020), %

Внесено, кг д.в./га	2018 год	2019 год	2020 год
Крапинка			
0	2,96±0,02	2,93±0,03	2,95±0,03
P ₁₂₀	2,99±0,07	2,90±0,01	2,95±0,04
P ₁₈₀	3,00±0,04	2,92±0,03	2,96±0,03
P ₉₀ N ₉₀	3,04±0,01	2,90±0,01	2,97±0,01
Lim*	2,96-3,04	2,90-2,93	2,95-2,97
M±m**	3,00±0,03	2,91±0,01	2,96±0,01
V***, %	1,10	0,51	0,32
Веховская			
0	2,97±0,04	2,94±0,01	2,96±0,01
P ₁₂₀	2,97±0,05	2,92±0,01	2,95±0,03
P ₁₈₀	2,97±0,02	2,92±0,01	2,94±0,02
P ₉₀ N ₉₀	3,03±0,02	2,90±0,01	2,96±0,01
Lim*	2,97-3,03	2,90-2,94	2,94-2,96
M±m**	2,98±0,03	2,92±0,02	2,95±0,01
V***, %	1,00	0,56	0,32
Viceroy			
0	2,97±0,09	2,95±0,01	2,96±0,05
P ₁₂₀	2,94±0,04	2,95±0,01	2,95±0,02
P ₁₈₀	2,91±0,01	2,93±0,03	2,93±0,01
P ₉₀ N ₉₀	2,99±0,05	2,90±0,01	2,95±0,03
Lim*	2,91-2,99	2,90-2,95	2,93-2,96
M±m**	2,94±0,035	2,93±0,02	2,95±0,01
V***, %	1,18	0,81	0,43
* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации			

Содержание гумуса в 2018 году в слое 0-20 см было в пределах 2,90-3,04%, в 2019 году вне зависимости от вида и доз минеральных удобрений гумус был также в пределах 2,90-3,03%, в 2020 году аналогично – 2,90-2,99%.

Данные по содержанию гумуса отличались концентрацией величин вокруг среднего значения. Разброс величин относительно среднего значения составил 0,01-0,03%, коэффициент вариации 0,32-1,18%, т.е. степень рассеянности незначительная, совокупность однородная.

Исходя из полученных результатов следует, что содержание гумуса в 2018-2020 гг. вне зависимости от года, вида и нормы внесенных удобрений было одинаковым. Свежеснесённые удобрения не могли повлиять на содержание гумуса.

3% – это невысокое, но характерное для темно-каштановых почв содержание гумуса. Наши исследования показали, что и при таком содержании гумуса в благоприятные по увлажнению годы на этих почвах можно получать высокий урожай чечевицы.

Как уже установлено ранее (Черненко В.Г., 1993), минеральные удобрения за счет удовлетворения потребности культур в питательных элементах снижают расход гумуса на создание урожая [124, с. 14].

3.3.2 Сумма поглощённых оснований

Почвенно-поглощительный комплекс темно-каштановых почв насыщен основаниями. Согласно Ремезову Н.П. и Орлову Д.С. состав обменных катионов темно-каштановых почв богат кальцием (26,6-27,6 мг/экв на 100 г почвы в слое 0-40 см), магнием (около 5,5 мг/экв на 100 г почвы), незначительно присутствует натрий (1,0 мг/экв на 100 г почвы), отсутствует водород и алюминий. Преобладание в ППК ионов кальция создают благоприятные условия для питания растений, в тоже время наличие натрия подщелачивает почву [213, с. 168].

Анализ полученных данных показал, что среднее за три года содержание суммы поглощенных оснований (Ca+Mg) на опытном участке было на уровне 23,0-25,0 мг/экв на 100 г почвы (таблица 4), (Приложение Б).

Таблица 4 – Содержание Ca+Mg, Ca²⁺ мг-экв/100 г почвы перед посевом чечевицы, среднее значение за 3 года (2018-2020)

Внесено кг д.в.	Крапинка		Веховская		Viceroy	
	Ca+Mg	Ca ²⁺	Ca+Mg	Ca ²⁺	Ca+Mg	Ca ²⁺
1	2	3	4	5	6	7
«О»	24,6±1,9	20,3±2,7	24,6±1,6	20,0±2,9	24,6±1,4	19,8±3,0
P ₆₀	25,2±1,4	20,4±2,6	25,1±1,1	20,0±2,8	25,0±0,9	19,7±2,9
P ₉₀	24,6±1,8	20,3±2,3	24,3±1,7	20,1±2,6	24,1±1,5	20,0±3,3
P ₁₂₀	24,3±1,8	20,1±2,6	24,6±1,7	20,1±2,9	24,9±1,6	19,8±3,0
P ₁₅₀	25,0±1,4	20,3±2,5	24,8±1,2	20,0±2,8	24,7±1,0	19,8±2,8
P ₁₈₀	24,9±1,6	20,1±2,6	24,9±1,4	19,9±2,7	24,9±1,3	19,6±3,1
P ₉₀ N ₃₀	24,5±1,9	20,2±2,6	24,7±1,7	19,9±2,8	25,0±1,5	19,8±2,8
P ₉₀ N ₆₀	24,5±2,0	20,5±2,9	24,5±1,8	20,1±2,9	24,4±1,7	19,9±2,8

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
P ₉₀ N ₉₀	24,8±1,3	19,9±2,7	24,7±1,6	19,8±2,7	24,5±2,0	19,8±2,7
N ₃₀	24,3±1,5	20,0±2,9	23,0±0,1	21,3±4,4	24,6±1,0	19,8±3,0
Lim*	24,3-25,2	19,9-20,5	23,0-25,1	19,8-21,3	24,1-25,0	19,6-20,0
M±m**	24,7±0,3	20,2±0,2	24,5±0,6	20,1±0,4	24,7±0,3	19,8±0,1
V***, %	1,21	0,92	2,35	2,12	1,18	0,53
* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации						

Содержание Ca²⁺ было в пределах 19,6-21,3 мг/экв на 100 г почвы. Доля Mg не превышала 4,4-4,9 мг/экв на 100 г.

Внесенные удобрения не влияли и на сумму поглощенных оснований. Это связано с формой внесенных фосфор содержащих удобрений – аммофоса. В аммофосе отсутствует кальций [104, с. 298], этим объясняется устойчивость показателей.

Математический анализ показал, что разброс величин был незначительным 0,1-0,6, а коэффициент вариации составил 0,53-1,21%, т.е. степень рассеянности незначительная, совокупность однородная.

Исходя из полученных данных следует, что сумма поглощенных оснований вне зависимости от года, вида и доз минеральных удобрений была постоянной.

Данный уровень Ca+Mg был достаточным для формирования полноценной урожайности чечевицы.

Не установлено и сортовых различий.

3.3.3 Реакция почвенной среды

Реакция почвенной среды оказывает непосредственное влияние на доступность элементов минерального питания растениям, механизм поглощения питательных веществ корнями растений. Повышенные дозы минеральных удобрений оказывают сильное влияние на pH почвы. Известно, что применение физически кислых удобрений ведет к обязательному смещению реакции почвенного раствора к более кислой среде [146, с. 297; 214].

Анализ полученных данных показал (таблица 5), (Приложение Б), что внесенные фосфорные удобрения не оказали влияния на показатели pH в 0-20 см слое темно-каштановых почв.

Таблица 5 – Реакция почвенной среды pH перед посевом чечевицы, средние из 3 лет (2018-2020)

Внесено кг д.в.	Крапинка	Веховская	Viceroy
1	2	3	4
«O»	8,09±0,001	8,11±0,006	8,12±0,006
P ₆₀	8,10±0,001	8,11±0,006	8,11±0,006
P ₉₀	8,09±0,01	8,12±0,01	8,14±0,01

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
P ₁₂₀	8,12±0,001	8,12±0,006	8,12±0,01
P ₁₅₀	8,10±0,001	8,10±0,006	8,13±0,01
P ₁₈₀	8,11±0,001	8,11±0,01	8,10±0,02
P ₉₀ N ₃₀	8,09±0,02	8,08±0,001	8,08±0,006
P ₉₀ N ₆₀	8,10±0,02	8,08±0,005	8,07±0,01
P ₉₀ N ₉₀	8,09±0,03	8,07±0,001	8,07±0,006
N ₃₀	8,09±0,02	8,08±0,001	8,08±0,001
Lim*	8,09-8,12	8,07-8,12	8,07-8,14
M ±m**	8,10±0,01	8,10±0,02	8,10±0,03
V***, %	0,13	0,01	0,32
* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации			

Но, отмечена тенденция изменения реакции почвенной среды в кислую сторону в слое 0-20 см на фонах с применением азотных удобрений, что связано с применением аммиачной селитры, которая является физический кислым удобрением [104, с. 170].

Однако, подкисление незначительное – в пределах 0,01-0,02 рН. Среднее значение рН по опыту было в пределах 8,07-8,14, разброс величин относительно среднего значения в 0,01-0,03. Коэффициент вариации низкий (0,01-0,32%), что говорит о низкой рассеянности данных и однородной совокупности вариантов.

Таким образом, внесенные минеральные удобрения не оказали существенного влияния на реакцию почвенного раствора темно-каштановых почв. Данный уровень рН позволяет возделывать чечевицу.

В целом темно-каштановые почвы, на которых проводились исследования обладают хорошими физико-химическими свойствами и являются типичными. Фон опытного участка однородный и результаты дальнейших исследований будут объективными.

3.3.4 Содержание и динамика минерального азота в почве

Азот входит в состав наиболее важных макроэлементов необходимых для роста и развития растений. Он участвует в обмене веществ растений, фотосинтезе, передаче наследственной информации организма [209, с. 159].

Среди других макроэлементов азот является наиболее подвижным. На изменчивость данного элемента влияет гранулометрический состав, физико-химические свойства почвы, микробиологические процессы [66, с. 68], а также виды выращиваемых культур [215], внесение удобрений [216].

Накопление азота в почве связано с процессами аммонификации, нитрификации, химического и биологического поглощения, необменной фиксации, вымывания, потребления сельскохозяйственными культурами и сорными растениями. Также в небольшой степени наблюдается поступление

атмосферного азота с осадками. С осадками поступает аммиачная форма азота [66, с. 64].

Таблица 6 – Содержание и динамика азота нитратов в почве в течении вегетации чечевицы, мг/кг почвы

Слой почвы, см	2018 год			2019 год			2020 год		
	ПОСЕВ	ВЕТВЛЕНИЕ	ЦВЕТЕНИЕ	ПОСЕВ	ВЕТВЛЕНИЕ	ЦВЕТЕНИЕ	ПОСЕВ	ВЕТВЛЕНИЕ	ЦВЕТЕНИЕ
Крапинка									
0-20	5,6	11,9	9,2	11,5	15,8	6,3	6,8	10,6	6,9
20-40	8,8	9,6	8,9	8,3	12,6	6,9	5,4	7,7	9,4
0-40	7,2	10,8	9,0	9,9	14,2	6,6	6,1	9,2	8,1
40-60	8,1	11,9	8,8	11,2	12,5	10,0	3,5	4,7	4,0
60-80	10,5	14,4	14,3	8,9	9,1	7,1	2,7	3,1	4,2
80-100	14,0	21,2	17,8	7,9	8,4	4,2	2,6	2,4	2,6
Веховская									
0-20	6,2	10,9	9,2	11,4	15,3	5,8	6,8	12,0	7,7
20-40	7,4	10,7	8,0	8,6	11,8	5,7	4,7	7,2	9,8
0-40	6,8	10,8	8,6	10,0	13,5	5,7	5,7	9,6	8,7
40-60	9,4	11,9	8,4	10,0	12,1	9,2	3,2	4,4	4,2
60-80	14,4	13,5	12,6	9,6	11,1	7,2	2,8	3,2	4,1
80-100	16,4	18,5	17,2	8,0	10,2	5,4	2,8	2,6	2,6
Viceroy									
0-20	6,9	10,0	9,2	11,4	14,7	5,4	6,7	13,4	8,6
20-40	5,9	11,8	7,0	8,9	11,0	4,4	4,1	6,8	10,2
0-40	6,4	10,9	8,1	10,2	12,9	4,9	5,4	10,1	9,4
40-60	10,7	12,0	8,7	8,9	11,6	8,5	2,8	4,2	4,4
60-80	18,3	12,6	11,0	10,4	13,2	7,3	2,9	3,3	4,0
80-100	21,2	17,2	16,6	8,0	12,1	6,6	3,0	2,8	2,6

Как видно из таблицы 6, исходное содержание азота нитратов в момент посева в 2018 году, согласно градации Черненко В.Г. (1997), было низким и составляло по слою 0-40 см – 6,4-7,2 мг/кг почвы. По профилю почвы наблюдалась миграция, что видно по повышению содержания нитратов в слоях 60-100 см. Повышение температур в конце мая - первой декаде июня активизировали биологические процессы в почве, процесс нитрификации, что способствовало увеличению уровня азота нитратов. Но, к моменту цветения отмечалось снижение азота в почве в слое 0-40 см до средней обеспеченности, в связи с активным потреблением и нарастанием биомассы (Приложение В) [184, с. 24; 205, с. 22].

В 2019 году за счет осадков осенне-зимнего периода наблюдалась миграция азота по профилю почвы, что видно по содержанию нитратов в слоях 60-80 см. Положительные температуры способствовали процессу нитрификации

и увеличению содержания азота нитратов с 9,9-10,2 мг до 12,9-14,2 мг/кг почвы в слое 0-40 см. Но, к моменту цветения отмечалось 3-х кратное снижение азота в почве до 4,9-6,6 мг/кг в слое 0-40 см, что связано с его поглощением растениями и затуханием биологических процессов в почве, а именно, процессов нитрификации в условиях острой засухи [206, с. 23].

В 2020 году содержание азота нитратов в предпосевной период было также на низком уровне – 6,1 - 5,4 мг/кг почвы в слое 0-40 см. По профилю почвы отмечена незначительная (2-3 мг) миграция азота в нижние горизонты 60-100 см. Положительные температуры и обеспеченность влагой способствовали процессу нитрификации и увеличению содержания азота нитратов к фазе цветения на +3,0-4,0 мг/кг почвы в слое 0-40 см. Дальнейшее снижение азота в фазе цветения в почве так же связано с активным потреблением его растениями.

Анализ содержания нитратного азота в почве показал, что направленность динамики NO₃ в течение вегетации чечевицы имеет единый ход: с пиком в начале лета и дальнейшим снижением, что определяется фазой развития культуры и потреблением.

Также, чечевица активнее использовала азот верхних слоев почвы 0-20 и 20-40 см, что объясняется особенностями ее биологии, развитием корневой системы. Последнее важно для решения вопросов диагностики азотного питания.

Между сортами разницы в содержании азота нитратов по слою 0-40 см не наблюдалось.

Применение минеральных удобрений значительно увеличивало содержание нитратного азота в почве (таблица 7), (Приложение Г) [184, с. 24].

Таблица 7 – Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом чечевицы, мг/кг почвы (2018-2020)

Внесено, кг д.в./га	Слой почвы, см	Крапинка, годы			Веховская, годы			Viceroy, годы		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
«О»	0-20	9,0	9,2	10,0	8,0	9,5	10,8	7,6	9,9	11,6
	20-40	9,5	7,7	6,1	9,0	8,2	5,8	7,4	8,6	5,6
	0-40	9,3	8,5	8,0	9,0	8,8	8,3	7,6	9,2	8,6
P ₆₀	0-20	8,8	10,0	12,5	9,1	9,7	11,2	9,3	9,4	10,0
	20-40	8,9	8,1	6,3	8,8	7,7	8,2	8,4	7,4	10,1
	0-40	8,8	9,0	9,4	8,9	8,7	9,7	8,8	8,4	10,1
P ₉₀	0-20	9,7	10,2	13,1	9,6	10,1	12,4	9,4	10,0	11,7
	20-40	10,0	8,5	7,7	9,8	10,1	9,0	9,2	11,6	10,4
	0-40	9,8	9,3	10,4	9,6	10,1	10,7	9,4	10,8	11,0
P ₁₂₀	0-20	11,6	11,3	13,9	11,1	11,2	14,1	10,4	11,1	14,2
	20-40	12,6	8,7	7,6	10,8	10,7	8,4	8,9	12,8	9,2
	0-40	12,1	10,0	10,7	10,9	11,0	11,2	9,6	11,9	11,7
P ₁₅₀	0-20	9,9	10,3	14,6	9,7	11,7	14,0	9,5	13,1	14,3
	20-40	12,0	9,8	8,0	9,7	11,2	8,9	7,4	12,6	9,7
	0-40	11,0	10,0	11,3	9,7	11,4	11,5	8,4	12,8	12,0

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P ₁₈₀	0-20	11,6	11,5	14,5	11,2	13,7	15,1	10,8	15,9	14,7
	20-40	14,9	12,5	8,6	12,2	11,0	9,1	9,4	9,6	10,0
	0-40	13,2	12,0	11,6	11,7	12,3	12,1	10,1	12,8	12,3
P ₉₀ N ₃₀	0-20	18,5	19,0	15,9	16,0	15,1	15,6	13,4	11,2	15,3
	20-40	10,2	8,7	8,2	10,4	9,0	10,9	10,6	9,2	13,6
	0-40	14,4	13,8	12,1	13,2	12,1	13,2	12,0	10,2	14,4
P ₉₀ N ₆₀	0-20	27,2	18,7	22,5	22,9	20,5	21,4	18,7	12,1	21,6
	20-40	9,4	12,8	10,6	9,7	12,5	13,3	9,87	12,0	15,2
	0-40	18,3	15,7	16,5	16,7	16,5	17,3	15,5	17,1	18,4
P ₉₀ N ₉₀	0-20	35,9	20,5	29,0	29,9	22,9	27,1	23,9	25,4	27,8
	20-40	9,3	20,0	12,9	11,0	19,5	15,7	12,8	19,0	16,8
	0-40	22,6	20,3	21,0	20,5	21,2	21,4	18,4	22,2	22,3
N ₃₀	0-20	17,3	8,9	15,8	15,2	9,0	16,2	13,0	9,1	16,7
	20-40	10,4	16,5	7,9	10,0	15,0	9,6	9,6	13,5	11,3
	0-40	13,8	12,7	11,8	12,5	12,0	12,9	11,3	11,3	14,0

Минеральные удобрения на всех вариантах увеличивали по сравнению с контролем содержание азота нитратов в слое почвы 0-40 см, что дает основание использовать его для оценки азотного питания чечевицы.

Согласно шкалы Черненко В.Г. [217] содержание азота нитратов в слое 0-40 см менее 4 мг/кг почвы (при от очень низкой до средней обеспеченности почв фосфором) указывает, что обеспеченность очень низкая, 4-8 мг – низкая, 8-12 – средняя, 12-15 – оптимальная для многих полевых культур, в том числе и бобовых, таких как нут, горох, соя. 12 мг/кг почвы, это нижний предел оптимального уровня, до которого целесообразно доводить содержание азота нитратов в почве [184, с. 24].

В 2018 году содержание азота нитратов по вариантам повышалось до 18,0-22,6 мг/кг, в 2019 году до 20,3-22,2 мг/кг, в 2020 году до 21,0-22,3 мг/кг почвы в слое 0-40 см.

Повышение содержания азота отмечалось не только на вариантах с внесением азотных удобрений, но и по вариантам с внесением аммофоса на 1-3 мг/кг почвы, в зависимости от количества внесенного аммофоса. Это связано с тем, что в аммофосе содержится 10-12% азота.

Наиболее существенное влияние на содержание азота оказали азотные удобрения, внесенные как на естественном, так и по фосфорным фонам (P₉₀). В результате были созданы разные фоны по уровню содержания и соотношения элементов в почве, что очень важно для определения оптимального уровня содержания элементов в почве, обеспечивающего формирование максимально возможной в складывающихся гидротермических условиях лет продуктивности чечевицы.

3.3.5 Содержание и динамика подвижного фосфора

Фосфор является также одним из важнейших элементов питания растений. Потребление фосфора растениями в большинстве случаев приходится на долю анионов фосфорной кислоты H₂PO₄ (HPO₄²⁻). В процессе биологической

аккумуляции фосфора из почвообразующей породы в активных слоях почвы повышается уровень доступного фосфора для растений. Существует прямая зависимость: чем больше фосфорсодержащих минералов в почвообразующей породе, тем больше подвижных форм фосфора в пахотном слое. Наибольшее количество доступных форм фосфора наблюдается в слабокислой среде чернозема выщелоченного [218, 219].

Богатых фосфором почв в природе практически нет [220]. Почвы Северного Казахстана не исключение. По своей значимости проблема фосфора выходит на первое место среди факторов плодородия. Это обусловлено низкой обеспеченностью почв подвижным фосфором. Именно недостаток в почве фосфора, наряду с дефицитом влаги, является важнейшим лимитирующим урожаем фактором [184, с. 51].

Изучением фосфорного режима почв Северного Казахстана занимались Громько И.Д. [221], Сдобникова О.В. [222, 223], Гусак В.Г. [224], Рылушкин В.И. [225], Ермолаев О.Т., Рудь И.Т. [226], Черненко В.Г. [124, с. 14; 227-231].

Установлено, что валовое содержание фосфора в черноземных почвах Северного Казахстана колеблется от 0,13 до 0,18%, в темно-каштановых почвах 0,09-0,14%. При высоком валовом содержании фосфора, недостаток подвижных форм фосфора обусловлен генетическими особенностями почв [228, с. 43].

Фосфорный режим отличается консервативностью. Практически единственным приемом повышения содержания его в почве является применение удобрений [232].

В то же время Гуревич С.М., Боронина И.И., Рубан А.Ю. (1978) отмечают, что систематическое внесение небольшого количества фосфора не приводит к его накоплению в почве, а лишь поддерживает исходное содержание. Чтобы существенно повысить почвенное плодородие по фосфору, нужны высокие дозы фосфорных удобрений [233].

Аналогичные выводы сделаны Черненко В.Г. Ею установлено, что систематическое внесение фосфорных удобрений, ведет к повышению концентрации подвижных фосфатов [228, с. 43].

Как подчеркивает в своей работе Соколов А.В., академик Душкевич А.И. предложил рассматривать заправку почвы фосфатами в больших дозах не как обычный прием улучшения фосфорного питания растений, а как метод коренного изменения некоторых взаимосвязанных элементов плодородия почв [232, с. 4].

При внесении фосфорных удобрений, происходит изменение многих ее свойств. В почве, прежде всего, увеличивается содержание как валового, так и подвижного фосфора, что определяет продуктивность культур [184, с. 54].

Это и послужило основанием для того, чтобы рассматривать внесение минеральных удобрений, как приемом управления плодородием почв.

Диагностическим показателем обеспеченности культур фосфором является его содержание в слое 0-20 см [184, с. 25]. Из таблицы 8 видно, что

уровень подвижного фосфора в почве находился в пределах очень низкой и низкой обеспеченности по градации Черненко В.Г. [228, с. 31].

Таблица 8 – Содержание и динамика P_2O_5 в почве в течении вегетации чечевицы, мг/кг почвы

Слой почвы, см	2018 год			2019 год			2020 год		
	ПОСЕВ	ВЕТВЛЕНИЕ	ЦВЕТЕНИЕ	ПОСЕВ	ВЕТВЛЕНИЕ	ЦВЕТЕНИЕ	ПОСЕВ	ВЕТВЛЕНИЕ	ЦВЕТЕНИЕ
Крапинка									
0-20	11,0	11,1	12,6	13,3	14,05	11,7	16,4	16,1	17,4
20-40	8,05	6,2	7,8	5,2	5,7	4,6	5,9	6,4	7,5
40-60	5,0	3,7	3,9	1,45	1,2	1,5	2,1	2,3	3,6
60-80	4,9	4,3	3,1	0,8	0,5	1,0	1,6	1,6	1,4
80-100	5,2	3,3	2,7	0,4	0,4	1,7	0,4	0,6	0,8
Веховская									
0-20	10,8	10,6	11,1	13,0	14,1	11,2	16,9	16,3	16,3
20-40	8,5	5,9	9,2	3,725	4,7	4,0	4,5	6,1	6,1
40-60	5,1	3,5	3,8	1,25	1,3	0,9	2,5	2,4	2,4
60-80	5,3	3,7	3,1	0,6	0,8	0,6	1,8	1,5	1,5
80-100	5,05	2,8	2,8	0,375	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6
Viceroy									
0-20	10,7	10,1	11,6	12,7	14,2	10,7	17,3	16,5	17,2
20-40	9,1	5,8	10,7	2,25	3,7	3,5	3,0	5,7	7,9
40-60	5,3	3,3	3,7	1,05	0,3	0,4	2,8	2,6	4,8
60-80	5,7	3,3	3,2	0,4	0,3	0,3	1,9	1,4	2,2
80-100	4,9	2,5	3,0	0,35	0,3	0,3	0,4	0,6	1,4

В 2018 году содержание фосфора было в пределах – 11 мг/кг почвы в слое 0-20 см, что указывает на очень низкую обеспеченность [205, с. 23]. По профилю почвы содержание его резко снижается, начиная с подпахотного горизонта. Отмечено, что в темно-каштановых почвах более 80% подвижного фосфора сосредоточены в слое 0-20 см [234].

В острозасушливом 2019 году уровень фосфора находился в пределах очень низкой обеспеченности – 12,7-13,3 мг/кг почвы [206, с. 24]. По профилю почвы содержание фосфора также резко снижается (Приложение Д). Это объясняется тем, что фосфор образует малоподвижные соединения, тем самым исключается даже в условиях повышенного увлажнения возможность его миграции [184, с. 25].

В благоприятном 2020 году фосфор находился в пределах низкой обеспеченности – 16,4-17,3 мг/кг почвы (Приложение Д) (по градации Черненко В.Г.).

В период вегетации содержание фосфора было в исходных значениях с колебаниями $\pm 1,0$ -2,0 мг P_2O_5 .

Исследования показали, что динамика подвижного фосфора слабо выражена, что согласуется с результатами ранних исследований [124, с. 15; 229, с. 118-119; 230, с. 184; 231, с. 53-56; 234, с. 22] и свидетельствует о том, что в опытах дефицит фосфора в почве был важнейшим лимитирующим урожай фактором.

Внесение минеральных удобрений в дозах 60, 90, 120, 150, 180 кг д.в. P₂O₅/га увеличило содержание подвижного фосфора (таблица 9), (Приложение Е).

Таблица 9 – Влияние удобрений на содержание подвижного фосфора в почве перед посевом чечевицы, мг/кг почвы в слое 0-20 см, 2018-2020 гг.

Внесено, кг д.в./га	Крапинка, годы			Веховская, годы			Viceroy, годы		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
«О»	11,1	12,8	15,4	10,7	12,9	15,3	10,3	11,8	15,3
P ₆₀	16,3	16,9	21,5	16,9	17,9	21,5	17,5	16,7	21,5
P ₉₀	24,9	19,8	24,5	22,7	19,5	25,2	20,5	20,7	25,9
P ₁₂₀	27,4	24,8	26,7	27,5	21,7	28,1	27,5	23,0	28,6
P ₁₅₀	31,3	28,1	30,8	31,4	25,4	31,1	35,4	26,8	31,5
P ₁₈₀	38,7	32,6	33,0	38,4	32,0	33,5	38,2	32,0	34,0
P ₉₀ N ₃₀	25,7	18,0	23,6	22,8	19,5	24,9	19,8	18,2	26,2
P ₉₀ N ₆₀	19,3	18,3	24,1	27,8	19,3	24,2	36,4	20,2	24,4
P ₉₀ N ₉₀	32,2	19,8	24,9	34,9	19,4	24,8	37,7	19,5	24,8
N ₃₀	12,8	10,7	14,9	11,6	11,8	14,9	10,4	10,5	14,9
Lim*	11,1-38,7	10,7- 32,6	14,9- 33,0	10,7- 38,4	11,8- 32,0	14,9- 33,5	10,3- 38,2	10,5-32,0	14,9-34,0
M ±m**	24,9±10,0	20,2± 6,7	24,0± 5,8	24,5± 9,4	19,9± 5,8	24,3± 6,0	24,8±11, 1	19,9± 6,4	24,7±6,2
V***, %	40,2	33,1	24,1	38,3	28,9	24,6	45,0	32,2	25,1
* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации									

В 2018 году содержание фосфора в 0-20 см слое повысилось с 11 до 38 мг, в 2019 году с 12,8 до 32-32,6 мг, в 2020 году с 15,4 до 33-34,0 мг по всем трем сортам, тем самым были созданы фоны с разными уровнями обеспеченности фосфором от очень низкого до высокого, что и необходимо для решения поставленной задачи и достижения цели [184, с. 25].

Внесение фосфорных удобрений оказали положительное влияние на содержание P₂O₅ в слое 0-20 см почвы. В слое почвы 20-40 см эффект отсутствовал. Это связано с тем, что фосфор в почве не мигрирует, радиус передвижения – 2,0-2,5 см.

Таким образом, установлено, что почва опытного участка имеет высокий дефицит фосфора, что вместе с дефицитом влаги было сдерживающим урожайность фактором. Содержание подвижного фосфора в почве можно изменить только внесением минеральных удобрений.

Однако, вопрос сколько вносить и до какого уровня следует доводить содержание фосфора для создания оптимальных условий для чечевицы предстоит выяснить.

3.3.6 Содержание и динамика подвижных форм калия

Калий также относится к основным элементам питания растений. Минеральный калий, содержащийся в почве, практически не доступен растениям, но, перейдя в ионную форму, он легко используется растениями. Ежегодно высвобождается 15-30 кг/га калия из минералов, но этот процесс находится в тесной зависимости от гранулометрического состава почвы и климатических условий. Общее содержание обменных форм калия в почве зависит от состава минералов материнской породы, почвообразующих процессов, гранулометрического состава почвы. В сравнении с другими макроэлементами калий не входит в состав органических соединений, но он способствует нормальному течению реакций при фотосинтезе, передвижению углеводов в клетках растений. Несмотря на высокое валовое содержание калия в пахотном слое его миграция по профилю почвы незначительна. При достаточном калийном питании возрастает интенсивность накопления углеводов в растении, что, в свою очередь, повышает качество урожая. Калий также способствует повышению осмотического давления в клетках растений, что понижает температуру его замерзания и повышает устойчивость растений к заморозкам [66, с. 77; 168, с. 242].

Содержание обменного калия в исследуемых почвах очень высокое (731-906 мг/кг почвы в слое 0-20 см) и калий не лимитировал урожай (таблица 10), (Приложение Ж). По профилю почвы в период вегетации его содержание существенно снижается, но даже в слое 80-100 см оставалось на уровне среднего класса обеспеченности – 265-327 мг [184, с. 26].

Таблица 10 – Содержание и динамика K_2O в почве в течении вегетации чечевицы, мг/кг почвы

Слой почвы, см	2018 год			2019 год			2020 год		
	посев	ветвление	цветение	посев	ветвление	цветение	посев	ветвление	цветение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Крапинка									
0-20	872	829	809	906	900	734	885	855	782
20-40	552	598	482	594	567	571	516	525	585
40-60	374	283	275	408	372	295	352	324	289
60-80	428	307	299	310	330	232	358	315	270
80-100	318	281	272	315	238	240	292	281	261
Веховская									
0-20	802	812	798	896	897	743	888	856	782
20-40	786	607	543	589	568	520	521	530	588

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40-60	324	294	289	375	375	281	360	325	289
60-80	351	280	274	311	331	238	359	315	271
80-100	322	312	284	293	296	227	296	276	261
Viceroy									
0-20	796	786	731	897	892	753	891	857	781
20-40	616	604	467	558	582	469	526	535	590
40-60	304	303	273	346	410	267	368	326	288
60-80	253	250	274	328	336	244	360	315	271
80-100	342	296	327	302	-	215	300	271	260

В процессе вегетации чечевицы к фазе цветения содержание калия неуклонно снижалось по всем сортам. Это связано с активным и обильным поглощением калия в первой половине вегетации.

Азотно-фосфорные удобрения не влияли на содержание калия в почве (таблица 11), (Приложение И).

Таблица 11 – Влияние удобрений на содержание K_2O перед посевом чечевицы в слое 0-20 см, мг/кг почвы, 2018-2020 гг.

Внесено кг д.в./Га	Крапинка, годы			Веховская, годы			Viceroy, годы		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
«О»	840	957	822	834	978	824	829	971	824
P ₆₀	826	964	820	824	963	814	823	965	810
P ₉₀	829	969	812	854	986	818	880	990	824
P ₁₂₀	843	930	818	863	945	830	883	963	842
P ₁₅₀	822	919	838	840	939	844	859	960	852
P ₁₈₀	830	946	868	841	931	866	852	916	866
P ₉₀ N ₃₀	829	908	800	848	917	840	868	927	880
P ₉₀ N ₆₀	835	927	824	853	932	846	872	936	870
P ₉₀ N ₉₀	838	901	822	856	905	830	875	910	840
N ₃₀	855	913	830	843	914	828	831	977	828
Lim*	822-855	901-969	800-868	824-863	905-986	814-866	823-883	910-990	810-880
M ± m**	835±9,7	935± 24,2	825± 18,0	846±11,6	941± 27,2	834±15,4	857± 22,4	951± 27,3	844±23,0
V***, %	1,2	2,6	2,2	1,4	2,9	1,8	2,6	2,9	2,7
* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации									

В годы исследования обеспеченность почв калием была очень высокой, разброс величин относительно среднего значения был в пределах 9,7-27,3 мг/кг, коэффициент вариации 1,2-2,9%, т.е. степень рассеянности незначительная, совокупность однородная.

Из выше сказанного следует, что калий был единственным из основных элементов питания не лимитировавший урожайность чечевицы. Осадки и

применение минеральных удобрений не влияли на содержание доступных форм калия в почве.

3.4 Влияние почвенно-климатических условий и минеральных удобрений на развитие чечевицы

Рост и развитие растений определялись совокупностью факторов – состоянием и уровнем плодородия почв, и гидротермическими условиями, оказывающими непосредственное влияние на почву, растения и поведение удобрений в почве, их доступность растениям [184, с. 26].

Из факторов жизни растений минеральное питание является регулируемым.

Недостаток одного из элементов питания ведет к нарушению всех процессов обмена веществ между растениями и внешней средой, что ведет к снижению урожайности и качества.

В исследованиях на доступность элементов питания растениям большое влияние оказали гидротермический режим почв. Так, в годы исследования метеоусловия кардинально отличались, что повлияло на рост и развитие растений чечевицы.

В 2018 году фаза ветвления была упущена, в связи с чем, за этот год данные по накоплению биомассы приведены начиная с фазы цветения.

ГТК вегетационного периода 2018 года был = 0,95 (благоприятный). В 2018 году май и июнь месяцы с пониженным температурным фоном (+10,0°C и +17,5°C) сопровождалась осадками (24,0 мм и 56,9 мм), что затянуло период появления всходов на 10-12 дней. Низкие температуры привели к замедлению роста. Масса растений в период начала цветения на контрольных вариантах была по сорту «Крапинка» в пределах 27,2 г/100 растений, по сорту «Веховская» – 37,8 г и по «Viceroy» – 32,7 г [205, с. 27], (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние удобрений на накопление биомассы, г/100 растений, 2018 год

Внесено, кг д.в./га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	начало фазы цветения		фаза полной спелости		начало фазы цветения		фаза полной спелости		начало фазы цветения		фаза полной спелости	
	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»
О	27,2	100	106,0	100	37,8	100	197,2	100	32,7	100	161,5	100
P ₆₀	37,9	139	110,7	104	65,1	172	257,6	131	60,0	183	196,7	122
P ₉₀	50,3	185	138,2	130	74,7	193	280,0	142	69,2	211	212,5	132
P ₁₂₀	56,7	208	156,0	147	83,4	220	281,6	143	94,1	288	253,2	157
P ₁₅₀	49,1	180	139,6	132	82,7	245	250,4	127	78,5	240	222,0	137
P ₉₀ N ₃₀	48,5	178	130,4	123	77,4	204	268,8	136	83,3	255	240,0	149
P ₉₀ N ₆₀	50,2	184	139,7	132	108,5	287	284,0	144	77,6	237	273,2	169
P ₉₀ N ₉₀	51,4	198	136,8	129	96,6	255	245,6	125	78,0	238	277,0	171
N ₃₀	36,0	132	105,2	99	57,5	152	235,2	119	51,7	158	215,8	134
Среднее	45,3	167	129,2	121,8	76,0	203,0	255,6	129,6	69,5	212,2	228,0	141,2

Естественное плодородие почвы обеспечивало полноценный рост и развитие растений, однако, с внесением удобрений улучшались условия минерального питания, что усиливало рост, развитие и накопление биомассы чечевицы (рисунок 4).



Рисунок 4 – Общий вид посевов чечевицы

При очень низкой обеспеченности почв фосфором прирост от фосфорных удобрений в фазе цветения по сорту «Крапинка» в 2018 году достиг 56,7 г или 108%. Лучше результаты у сортов «Веховская» – 83,4 г или 120% и «Viceroy» – 94,1 г или 188% по варианту P₁₂₀.

По сравнению с фазой начала цветения к фазе полной спелости масса растений увеличилась в 4,8-5,2 раза на контроле. Больше биомассы формировалось у сорта «Веховская» – 197,2 г, почти в 2 раза больше, чем у сорта «Крапинка» – 106,0 г, у «Viceroy» – 161,5 г.

В фазе полной спелости закономерность увеличения биомассы на фоне увеличения вносимых фосфорных удобрений сохранилась, и составила у сорта «Крапинка» – 47%, «Веховская» – 43% и «Viceroy» – 57%.

В условиях 2018 года при содержании 9,3 мг/кг почв азота, сорт «Крапинка» на внесение азотных удобрений не отзывался. Тогда как по сортам «Веховская» прирост по биомассе достиг – 94% по варианту P₉₀N₆₀ в фазе цветения, а по «Viceroy» – 44% по варианту P₉₀N₃₀. К фазе полной спелости прибавка от азотных удобрений на фоне фосфорных удобрений была ниже [184, с. 28].

В условиях оптимальных температур и наличия достаточной влаги в весенний период в 2019 году были получены дружные всходы [206, с. 27]. Но, температура начала июня месяца была ниже многолетних норм на 3,8°C, что тормозило развитие. В фазе ветвления на контрольном варианте, при средней обеспеченности почв азотом и очень низкой фосфором, формировалось по 10-11 г/100 растений биомассы по сортам «Крапинка» и «Viceroy», по сорту «Веховская» – 18 г/100 растений (таблица 13).

Таблица 13 – Влияние удобрений на накопление биомассы, г/100 растений, 2019 год

Внесено , кг д.в./га	Крапинка						Веховская						Viceroy					
	фаза ветвления		фаза цветения		фаза полной спелости		фаза ветвления		фаза цветения		фаза полной спелости		фаза ветвления		фаза цветения		фаза полной спелости	
	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»	г	% к «0»
О	10,9	100	73,2	100	35,6	100	17,9	100	82,5	100	54,8	100	9,8	100	53,9	100	54,8	100
P ₆₀	13,8	127	77,3	106	62,4	175	20,3	114	86,5	105	59,6	109	12,2	124	60,3	112	59,2	108
P ₉₀	14,0	128	84,3	115	63,2	178	21,2	119	89,4	108	71,2	130	12,4	126	63,8	118	61,2	112
P ₁₂₀	14,5	133	88,8	121	82,0	230	21,7	122	97,0	118	77,6	142	12,5	127	66,5	123	63,6	116
P ₁₅₀	14,1	130	85,2	116	69,6	196	22,8	127	97,7	119	75,6	138	14,3	145	69,4	129	72,4	132
P ₁₈₀	15,0	138	94,9	130	64,0	180	24,4	137	102,9	125	95,6	174	14,8	151	76,9	143	70,0	128
P ₉₀ N ₃₀	16,9	156	99,3	136	64,8	182	24,2	135	95,6	116	72,4	132	13,7	139	61,2	114	74,0	135
P ₉₀ N ₆₀	16,2	149	98,4	134	76,4	215	24,8	139	113,5	138	66,0	120	14,2	144	74,3	138	77,2	141
P ₉₀ N ₉₀	16,1	148	98,5	135	86,0	242	27,2	152	100,7	122	75,2	137	13,3	135	68,3	127	72,0	131
N ₃₀	13,6	125	74,2	101	72,4	203	20,7	116	88,3	107	60,0	109	11,0	112	54,9	102	58,0	106
среднее	14,5	133	87,4	119	67,6	190	22,5	126	95,4	116	70,8	129	12,8	130	65,0	121	66,4	121
Lim*	10,9- 16,9	-	79,2- 99,3	-	35,-86,0	-	17,9- 27,2	-	82,5-113,5	-	54,8-95,6	-	9,8-14,8	-	53,9-76,9	-	54,8- 77,2	-
M ±m**	14,5± 1,7	-	87,4± 10,2	-	67,6± 13,9	-	22,5± 2,7	-	95,4±9,1	-	70,8±11,7	-	12,8±1,6	-	64,9±7,6	-	66,2±7,8	-
V***, %	11,8	-	11,7	-	20,6	-	12,0	-	9,6	-	16,5	-	12,1	-	11,7	-	11,8	-
<p>* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации</p>																		

Внесение фосфорных удобрений положительно сказались на росте и развитии растений чечевицы. С увеличением вносимых доз фосфорных удобрений увеличивалось накопление биомассы на 33-51% по сортам «Крапинка» и «Viceroy». Сорт «Веховская» изначально отличался большей биомассой, чем другие сорта, но увеличение массы от внесения фосфорных удобрений у него ниже, чем у «Viceroy» + 37% к контролю.

Активное нарастание температуры с середины июня месяца на фоне еще имеющегося запаса продуктивной влаги позволили в 4-7 раз нарастить биомассу к фазе цветения. При этом сорт «Крапинка» сформировал больше массы, чем «Viceroy» и меньше, чем сорт «Веховская».

В фазе цветения прирост от фосфорных удобрений по сорту «Крапинка» составил – 21% (P₁₂₀), «Веховская» – 25% (P₁₈₀) и «Viceroy» – 43% (P₁₈₀), т.е. сорт «Viceroy» отличался высоким требованием к фосфору и соответственно более высокая отзывчивость на фосфорные удобрения.

Эффект от внесения азотных удобрений по всем сортам в фазах ветвления и цветения был на уровне 30%. Лучше себя показали варианты P₉₀N₃₀ и P₉₀N₆₀.

Однако, вторая половина вегетации прошла в условиях острой почвенной (1,2-3,6 мм продуктивной влаги в 0-20 см слое почвы) и атмосферной засухи (11,4 мм осадков в июле месяце) при повышенном температурном фоне (с максимумами более 30°C), накопление сухого вещества после фазы цветения не происходило. Наоборот, за счет опада листьев, цветков и сформировавшихся бобов наблюдалась потеря биомассы. Большие потери отмечены на контрольных вариантах у сорта «Крапинка» почти в 2 раза, меньше потерь у сортов «Веховская» – 35% по сравнению с фазой цветения. Масса «Viceroy» сохранилась на уровне фазы цветения.

Последствия засухи отрицательно сказались на продуктивности чечевицы.

Сложившиеся метеоусловия 2020 года сильно отличались от условий 2019 года. Апрельские осадки способствовали сохранению продуктивной влаги в почве к посевному периоду, что на фоне майской засухи (3,6 мм) и повышенного температурного фона (+19,0°C), сохранили хороший задел для формирования дружных всходов. Но, повышенный температурный фон и малый запас продуктивной влаги отрицательно сказывались на развитии растений в фазе ветвления (таблица 14).

По 10 и 11 г/100 растений биомассы формировалось на контроле у сортов «Крапинка» и «Веховская» и 6 г по «Viceroy». При этом прирост от фосфорных удобрений у первых двух сортов был незначительный до 16 и 13%, что по сравнению с «Viceroy» значительно меньше, у которого от фосфорных удобрений прибавка достигла – 34% [184, с. 28].

Но, обильные осадки второй половины июня и начала июля (114 мм) способствовали активному нарастанию биомассы, уже к фазе цветения по всем сортам она увеличилась в 10-13 раз.

Внесенные удобрения улучшали условия минерального питания, что также усиливало рост, развитие чечевицы.

Таблица 14 – Влияние удобрений на накопление биомассы, г/100 растений, 2020 год

Внесено, кг д.в./га	Крапинка						Веховская						Viceroy					
	фаза ветвление		фаза цветение		фаза полной спелости		фаза ветвление		фаза цветение		фаза полной спелости		фаза ветвление		фаза цветение		фаза полной спелости	
	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»	Г	% к «0»
О	10,2	100,0	92,8	100,0	220,4	100	11,2	100,0	110,8	100,0	308,0	100	5,8	100,0	78,0	100,0	296,0	100
P ₆₀	10,6	104,3	106,4	114,7	258,0	117	12,2	108,9	119,6	107,9	344,0	112	7,2	123,3	85,6	109,7	388,0	131
P ₉₀	10,9	106,7	121,2	130,6	318,0	144	12,7	113,2	120,4	108,7	371,2	121	7,8	134,2	87,8	112,6	416,0	141
P ₁₂₀	11,5	112,9	134,8	145,3	383,2	174	11,9	106,6	142,4	128,5	456,0	148	7,4	126,7	99,6	127,7	424,0	143
P ₁₅₀	11,9	116,5	118,0	127,2	360,0	163	11,7	104,5	141,2	127,4	460,0	149	7,6	130,1	98,2	125,9	408,0	138
P ₁₈₀	11,3	111,0	119,2	128,4	341,2	155	11,5	102,7	139,2	125,6	432,0	140	7,5	128,4	92,7	118,8	322,0	109
P ₉₀ N ₃₀	10,5	102,7	118,5	127,7	383,2	174	12,3	109,6	108,8	98,2	432,0	140	7,6	130,8	89,6	114,9	428,0	145
P ₉₀ N ₆₀	10,9	107,1	97,0	104,5	355,6	161	11,6	103,6	109,6	98,9	516,0	168	7,3	125,7	96,0	123,1	332,0	112
P ₉₀ N ₉₀	11,5	112,9	102,0	109,9	340,0	154	11,5	103,0	93,6	84,5	344,0	112	7,0	119,9	95,2	122,1	348,0	118
N ₃₀	8,5	83,1	86,5	93,2	332,0	151	8,9	79,6	92,0	83,0	384,0	125	6,5	111,0	67,6	86,7	332,0	112
Сред	10,8	105,7	109,6	118,1	329,2	149	11,6	103,2	117,8	106,3	404,8	131	7,2	123,0	89,0	114,1	369,6	125
Lim*	8,5- 11,9	-	86,5- 134,8	-	220,4- 383,2	-	8,9- 12,7	-	92- 142,4	-	308,0- 516,0	-	5,8- 7,8	-	67,6- 99,6	-	296,0- 428,0	-
M ±m**	10,8 ±0,9	-	109,6 ±15,1	-	329,2 ±52,4	-	11,6 ±1,0	-	117,8 ±18,5	-	404,7 ±64,8	-	7,2± 0,6	-	89,0 ±9,9	-	369,4 ±48,7	-
V***, %	8,9	-	13,8	-	15,9	-	8,9	-	15,7	-	16,0	-	8,4	-	11,2	-	13,2	-
<p>* – минимальное и максимальное значение; ** – среднее значение и стандартное отклонение; *** – коэффициент вариации</p>																		

Наибольший прирост от фосфорных удобрений отмечен по вариантам P₁₂₀₋₁₅₀. По сорту «Крапинка» – 43%, «Веховская» и «Viceroy» – 28%.

Значительного нарастания биомассы чечевицы в фазе ветвления не наблюдалось от азотных удобрений по сортам «Крапинка» и «Веховская», однако у сорта «Viceroy» прирост биомассы растений чечевицы достиг 30% к контролю.

За счет текущей нитрификации к фазе цветения эффект от азотных удобрений также был низким.

Потребление азота в условиях 2020 года свидетельствует о важной роли и количества, и соотношения питательных элементов, особенно в первые этапы развития растений, но и в фазу цветения данная тенденция сохранилась. Однако, в фазе полной спелости на вариантах с совместным применением азотно-фосфорных удобрений прирост биомассы составил у сортов: «Крапинка» – 30%, «Веховская» – 20%. Данные результаты подтверждают выводы о интенсивном потреблении чечевицей азота в период цветения-формирования бобов. За счет более высокого требования чечевицы к азоту во второй половине вегетации, азотные удобрения оказали положительное действие на развитие растений. Лучшие результаты у сортов «Крапинка» и «Viceroy» были получены по вариантам P₉₀N₃₀, у сорта «Веховская» по P₉₀N₆₀.

В целом условия 2020 года с ГТК=0,72 были благоприятными для роста и развития чечевицы. Интенсивное нарастание биомассы от цветения к фазе полной спелости по сравнению с фазой ветвления отмечено у всех сортов: «Viceroy» почти 40-кратное, «Веховская» 30-кратное, у сорта «Крапинка» 20 кратное, что сказалось на урожайности.

В итоге из полученных результатов видно, что условия минерального питания, формируемые за счет агрометеорологических факторов и вносимых удобрений, оказали большое влияние на рост и развитие чечевицы, особенно во второй половине вегетации.

Полученные результаты согласуются с приведенными в литературном обзоре выводами, о большой значимости в формировании урожайности чечевицы осадков второй половины вегетации.

Наиболее сильное влияние на ростовые процессы оказали фосфорные удобрения. На фоне очень низкой обеспеченности почв фосфором, внесение фосфорных удобрений способствовало улучшению фосфорного режима, что в свою очередь положительно действовало на накопление биомассы чечевицы.

Совместное применение азотно-фосфорных удобрений не имело преимуществ, в сравнении с чисто фосфорными удобрениями.

Более отзывчивым на внесение удобрений был сорт «Viceroy».

Таким образом, исследования показали, что рост и развитие чечевицы определялись двумя факторами – влагообеспеченностью и уровнем минерального питания. Внесение минеральных удобрений, в зависимости от складывающихся метеоусловий, по-разному влияли на рост и развитие чечевицы, но во все годы прирост биомассы повышался на – 30-50%.

Эффективность минеральных удобрений определялась не только условиями увлажнения, но и исходным содержанием питательных элементов в почве и их соотношением, что нужно учитывать при определении доз удобрений.

В.В. Церлинг отмечала, что химический состав сельскохозяйственных культур является достаточно устойчивой величиной, а отклонения от него связаны в первую очередь с изменением условий минерального питания и по степени отклонения содержания питательного вещества от оптимального значения судят об обеспеченности растений этим элементом. Важно еще знать какой из этих элементов, в каком количестве и соотношении требуется для растений в отдельные фазы их роста и развития. А чтобы правильно решить этот вопрос требуется данные о содержании доступных форм этих элементов в среде обитания растений. Автор также отмечает о необходимости определения содержания элементов питания не только в растении, но и в почве [235].

В наших исследованиях химический состав чечевицы в период вегетации определялся обеспеченностью почвы элементами питания. Так, на контроле (естественном фоне) содержание азота (2,71%) в растениях было выше чем, фосфора (1,86%), при средней обеспеченности почв азотом (10 мг/кг N-NO₃) и очень низкой обеспеченности фосфором (12 мг/кг P₂O₅) по градации Черненко В.Г. Химический состав сортов также указывал на их биологические особенности.

Проблема обеспеченности растений элементами питания была решена внесением минеральных удобрений.

Исследованиями установлено, что внесение удобрений оказало существенное влияние на содержание элементов питания в растениях чечевицы начиная уже с фазы ветвления. В 2018 году фаза ветвления была упущена, в связи с чем данные по химическому составу приведены только по 2019 и 2020 году (таблица 15), [184, с. 29].

Таблица 15 – Химический состав чечевицы в фазе ветвления, %

Внесено кг д.в./Га	Крапинка			Веховская			Viceroy		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2019 год									
О	2,71	1,86	6,01	2,00	1,17	6,03	2,74	1,32	6,02
P ₆₀	3,09	1,94	6,14	2,17	1,23	6,32	3,10	1,44	6,31
P ₉₀	3,23	1,96	6,22	2,39	1,11	6,10	3,27	1,53	6,66
P ₁₂₀	3,23	1,99	6,20	2,45	1,30	6,23	3,28	1,46	6,56
P ₁₅₀	3,15	1,92	6,46	2,46	1,37	6,10	3,31	1,63	6,88
P ₁₈₀	3,16	1,90	6,41	2,53	1,48	6,08	3,34	1,67	6,60
P ₉₀ N ₃₀	3,39	2,09	6,43	2,38	1,41	5,83	3,20	1,69	6,50
P ₉₀ N ₆₀	3,32	2,02	6,57	2,52	1,45	6,21	3,42	1,93	6,64
P ₉₀ N ₉₀	3,43	1,92	6,51	2,60	1,34	6,12	3,40	2,03	6,52
N ₃₀	3,03	1,83	6,23	2,38	1,23	6,10	3,09	1,68	6,44
среднее	3,17	1,94	6,32	2,39	1,31	6,11	3,20	1,64	6,51
2020 год									

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O	1,53	1,42	4,08	1,37	1,03	4,07	1,64	1,09	4,15
P ₆₀	1,74	1,51	4,19	1,51	1,04	4,16	1,57	1,14	4,29
P ₉₀	1,82	1,52	4,21	1,54	1,06	4,31	1,63	1,19	4,45
P ₁₂₀	1,83	1,55	4,27	1,54	1,06	4,15	1,77	1,22	4,44
P ₁₅₀	1,77	1,46	4,30	1,51	1,07	4,06	1,82	1,22	4,50
P ₁₈₀	1,82	1,48	4,61	1,55	1,15	4,31	1,82	1,20	4,35
P ₉₀ N ₃₀	1,96	1,47	4,32	1,67	1,06	4,09	1,89	1,24	4,54
P ₉₀ N ₆₀	2,02	1,39	4,33	1,70	1,06	4,27	2,00	1,27	4,45
P ₉₀ N ₉₀	2,14	1,41	4,44	1,70	1,01	3,98	1,73	1,27	4,33
N ₃₀	1,68	1,39	4,27	1,44	1,03	3,93	1,68	1,23	4,55
среднее	1,83	1,46	4,30	1,55	1,06	4,13	1,76	1,20	4,41

Из таблицы 15 видно, что на химический состав чечевицы наибольшее влияние оказали гидротермические условия 2019 года. Самый высокие % всех элементов питания отмечен в фазу ветвления в экстремально засушливом 2019 году. При этом четко обозначились биологические особенности сортов (по сорту «Крапинка»: N – 3,17%, P₂O₅ – 1,94%, K₂O – 6,32%; «Веховская»: N – 2,39%, P₂O₅ – 1,31%, K₂O – 6,11%; «Viceroy»: N – 3,20%, P₂O₅ – 1,64%, K₂O – 6,51%). Особенно выделяется сорт «Веховская» по % азота и фосфора.

Фосфорные удобрения (аммофос) повышали не только содержание фосфора в растениях, но и азота. Содержание азота с внесением фосфорных удобрений повышалось по всем сортам на 0,4-0,6%, фосфор на 0,1-0,3%, соответственно калий на 0,4-0,8%.

Улучшение условий фосфорного питания способствовало развитию корневой системы и поглощению большего количества элементов питания.

В острозасушливом 2019 году между сортами по содержанию питательных элементов уже в начале вегетации отмечалась разница – в 1,0%. Высоким содержанием азота и фосфора отличались сорта «Крапинка» и «Viceroy».

По всем сортам и всем вариантам в острозасушливом году было очень высокое % содержание калия – более 6,0%. С внесением фосфорных удобрений поглощение калия усиливалось и содержание повышалось на 0,3-0,8%, наибольшее по сорту «Viceroy», наименьшее у сорта «Веховская».

В благоприятном по условиям увлажнения 2020 году концентрация всех элементов питания была ниже на 25-30%, чем в острозасушливом 2019 году. Азота меньше на 1,0-1,2%, фосфора на 0,2-0,4%, калия почти на 2,0%.

На содержание азота в растениях непосредственное влияние оказывали и азотные удобрения. Их действие на накопление азота в растениях было сильнее, чем фосфорных. Внесение азотных удобрений стимулировало потребление фосфора и калия.

По мере активизации ростовых процессов, нарастания вегетативной массы растений к фазе цветения, концентрация всех элементов снижалась. Это связано с опережением интенсивности роста над поступлением элементов питания, с чем и связано разбавление концентрации элементов питания (таблица 16).

Среднее содержание азота в растениях в фазе цветения по сортам в разные годы было на разных уровнях: «Крапинка» – 2,43-2,87%, «Веховская» – 2,39-3,05%, «Viceroy» – 2,88-3,11%. Особенно высокое содержание азота в растениях в фазе цветения отмечалось в 2020 году по сортам «Веховская» и «Viceroy».

Таблица 16 – Химический состав чечевицы в фазу цветения, %

Внесено, кг д.в./га	Крапинка			Веховская			Viceroy		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2018 год									
О	2,41	0,78	3,95	2,57	0,90	4,76	2,77	0,97	4,59
P ₆₀	2,42	0,96	3,99	2,64	0,97	5,00	3,01	1,09	4,56
P ₉₀	2,49	1,02	4,04	2,87	1,07	5,26	3,08	1,11	4,58
P ₁₂₀	2,72	1,05	4,09	3,06	1,07	5,22	3,23	1,18	4,54
P ₁₅₀	2,78	1,21	4,16	2,94	1,14	4,72	3,27	1,25	4,84
P ₉₀ N ₃₀	2,84	1,16	4,38	2,73	0,89	5,10	3,13	1,13	5,02
P ₉₀ N ₆₀	2,89	1,28	4,35	2,95	0,98	5,30	3,25	1,23	4,89
P ₉₀ N ₉₀	3,07	1,33	4,29	3,04	1,18	5,10	3,35	1,25	4,82
N ₃₀	2,53	1,13	4,24	2,73	1,07	5,05	2,87	1,05	4,70
Среднее	2,68	1,10	4,17	2,84	1,03	5,06	3,11	1,14	4,73
2019 год									
О	2,63	1,20	5,84	2,16	0,95	5,58	2,68	1,03	5,65
P ₆₀	2,74	1,25	5,57	2,24	1,01	5,91	2,77	1,08	5,48
P ₉₀	2,86	1,26	5,56	2,35	0,98	5,98	2,72	1,11	5,61
P ₁₂₀	2,97	1,22	5,78	2,43	1,06	6,21	2,86	1,12	5,92
P ₁₅₀	2,89	1,22	5,58	2,33	1,05	6,37	3,06	1,08	6,15
P ₁₈₀	2,74	1,22	5,9	2,32	0,99	6,00	2,93	1,16	6,48
P ₉₀ N ₃₀	3,03	1,19	5,72	2,49	1,03	6,28	2,87	1,01	6,24
P ₉₀ N ₆₀	3,08	1,18	5,71	2,63	1,08	6,64	2,95	1,02	6,52
P ₉₀ N ₉₀	2,93	1,12	5,52	2,69	1,09	6,43	3,07	1,13	6,26
N ₃₀	2,80	1,14	5,25	2,30	0,93	5,58	2,87	0,93	5,86
Среднее	2,87	1,20	5,64	2,39	1,02	6,10	2,88	1,07	6,02
2020 год									
О	2,04	0,74	4,15	2,61	0,78	3,55	2,72	0,71	4,21
P ₆₀	2,22	0,84	4,22	2,86	0,85	3,73	2,88	0,74	4,54
P ₉₀	2,27	0,86	4,28	2,90	0,87	4,09	2,90	0,75	4,45
P ₁₂₀	2,40	0,89	4,69	3,01	0,89	4,31	2,81	0,74	4,38
P ₁₅₀	2,24	0,89	4,68	3,02	0,89	4,14	2,88	0,71	4,54
P ₁₈₀	2,26	0,87	4,62	3,03	0,91	3,98	2,96	0,72	4,35
P ₉₀ N ₃₀	2,54	0,86	4,72	3,10	0,87	4,32	3,45	0,75	4,87
P ₉₀ N ₆₀	2,68	0,79	4,83	3,29	0,88	4,39	3,50	0,72	4,94
P ₉₀ N ₉₀	2,87	0,82	4,93	3,46	0,88	4,46	3,54	0,75	4,68
N ₃₀	2,80	0,74	4,22	3,18	0,79	3,90	3,19	0,71	4,60
Среднее	2,43	0,83	4,53	3,05	0,86	4,09	3,08	0,73	4,56

От ветвления до цветения чечевица меньше всего потребляла фосфор. Его содержание в растениях в благоприятные 2018 и 2020 году было на уровне 1,1% и 0,8%, а в острозасушливом 2019 году – 1,0-1,2%.

Содержание калия в растениях в фазе цветения в 2018 и 2020 годах было на уровне более 4%.

К фазе цветения концентрация фосфора и калия в растениях чечевицы снижалась.

Химический состав растений в период вегетации определялся совокупным влиянием таких факторов как плодородие почв – содержание и соотношение элементов питания в почве, метеоусловий и вида, форм и количества вносимых удобрений. От вышеперечисленных факторов и от содержания элементов питания в растениях в фазе цветения зависело и качество основной и побочной продукции.

3.5 Влияние различных уровней минерального питания и удобрении на формирование урожайности чечевицы

Для нормального роста и развития растений необходимо тепло, вода, воздух, свет и питательные вещества. Эти условия равноценны и взаимно незаменимы [236].

Среди всех факторов жизни растений минеральное питание является наиболее доступным для регулирования.

Как недостаток, так и избыток питательных элементов ведет к нарушению всех процессов обмена веществ между внешней средой и растением, что снижает урожай и качество.

Важнейшим средством управления процессом питания являются удобрения. Но при этом надо учитывать, что основным источником пищи для растений является почва, а удобрения следует рассматривать лишь как «прием», призванный исправить недостатки почвы, улучшить условия почвенного питания растений и тем самым создать условия для получения более высокого урожая и лучшего качества. И чтобы ставить вопрос об улучшении почв, надо, прежде всего знать, что из себя представляет данная почва, каковы в ней потенциальные запасы элементов, в каких формах они находятся, какова их доступность, т.е. что и сколько почва может дать растению и как можно воздействовать на нее, чтобы повысить эту доступность (Черненко В.Г., 2009) [228, с. 17].

Основными элементами минерального питания являются азот, фосфор и калий, от содержания которых в большей степени зависит урожайность сельскохозяйственных культур.

В Казахстане изучению биологии и технологии возделывания чечевицы посвящены ряд работ [166, с. 58-61; 167, с. 11-19; 168, с. 57-61; 169, с. 14-17; 170, с. 20-22].

Определена лучшая технология обработки почвы – минимальная. Установлены оптимальные сроки посева (с 15 по 25 мая), оптимальная норма высева (2,2-2,5 млн. всхожих семян/га при рядовом посеве) [169, с. 14-17; 170, с. 20-22].

Однако, в условиях Северного Казахстана глубоких исследований по изучению отзывчивости чечевицы на удобрения и оптимизации питания не

проводилось. Не изучены факторы, определяющие эффективность удобрений, их оптимальные параметры, что не позволяет разработать оптимизированную систему удобрения чечевицы, позволяющую реализовать ее потенциал в конкретно складывающихся условиях.

На решение этой задачи были направлены наши исследования.

Как уже отмечено выше, годы исследований существенно различались между собой по метеорологическим условиям, что отражалось на росте и развитии чечевицы, эффективности удобрений, отношении к условиям почвенного питания [184, с. 31].

Результаты исследований по влиянию удобрений на продуктивность чечевицы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Влияние удобрений на продуктивность сортов чечевицы, ц/га

Внесено кг д.в./га	Крапинка			Веховская			Viceroy		
	урожай ность, ц/га	прибавка к «О»		урожай ность, ц/га	прибавка к «О»		урожай ность, ц/га	прибавка к «О»	
		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2018 год									
«О»	11,5	-	100	16,7	-	100	15,6	-	100
P ₆₀	15,1	3,6	131	20,0	3,3	119	20,5	5,1	131
P ₉₀	15,2	3,7	132	23,7	7,0	141	22,3	6,7	142
P ₁₂₀	17,1	5,6	148	23,8	7,1	142	25,4	9,8	162
P ₁₅₀	16,0	4,5	139	24,8	8,1	148	25,1	9,5	160
P ₉₀ N ₃₀	16,6	5,1	144	24,7	8,0	147	26,9	11,3	108
P ₉₀ N ₆₀	16,3	4,8	141	25,0	8,3	149	26,8	11,2	171
P ₉₀ N ₉₀	18,2	6,7	158	26,4	9,7	158	27,6	12,0	176
N ₃₀	13,3	1,8	115	18,0	1,3	107	17,4	1,8	111
среднее	15,5	4,6	135	22,6	6,6	135	23,1	8,4	140
НСР _{0,95}	-	1,3	-	-	1,5	-	-	1,6	-
m, %	-	3,1	-	-	3,4	-	-	3,6	-
2019 год									
О	1,8	-	100	3,8	-	100	2,7	-	100
P ₆₀	2,1	0,3	117	4,1	0,3	108	2,9	0,2	107
P ₉₀	2,4	0,6	133	4,2	0,4	111	3,4	0,7	126
P ₁₂₀	2,6	0,8	144	4,5	0,7	118	3,7	1,0	137
P ₁₅₀	2,5	0,7	139	4,3	0,5	113	4,1	1,4	152
P ₁₈₀	2,5	0,7	139	4,0	0,2	105	3,5	0,8	130
P ₉₀ N ₃₀	2,8	1,0	156	4,2	0,4	111	4,1	1,4	152
P ₉₀ N ₆₀	2,5	0,7	139	3,9	0,1	103	4,2	1,5	156
P ₉₀ N ₉₀	2,9	1,1	161	4,0	0,2	105	4,2	1,5	156
N ₃₀	2,1	0,3	117	4,7	0,9	124	3,5	0,8	130
среднее	2,4	0,7	138	4,2	0,4	111	3,6	1,0	138

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НСР _{0,95}	-	0,23	-	-	0,31	-	-	0,2	-
m, %	-	3,32	-	-	0,15	-	-	0,1	-

2020 год									
О	15,0	-	100	19,9	-	100	17,2	-	100
P ₆₀	18,2	3,2	121	23,1	3,2	116	24,3	7,1	141
P ₉₀	21,0	6,0	140	25,3	5,4	127	25,8	8,6	150
P ₁₂₀	23,4	8,4	156	28,4	8,5	143	28,4	11,2	165
P ₁₅₀	21,1	6,1	141	27,5	7,6	138	26,5	9,3	154
P ₁₈₀	18,6	3,6	124	26,6	6,7	134	26,2	9,0	152
P ₉₀ N ₃₀	23,7	8,7	158	26,6	6,7	134	27,8	10,6	162
P ₉₀ N ₆₀	22,8	7,8	152	29,1	9,2	146	23,8	6,6	138
P ₉₀ N ₉₀	21,5	6,2	141	27,4	7,5	138	22,7	5,5	132
N ₃₀	18,5	3,5	123	22,9	3,0	115	19,4	2,2	113
среднее	20,4	5,9	136	25,7	6,4	133	24,2	7,8	145
НСР _{0,95}	-	2,22	-	-	1,08	-	-	1,53	-
m, %	-	3,22	-	-	1,36	-	-	2,13	-

Продуктивность чечевицы определялась биологическими особенностями сортов. О биологических особенностях можно судить по продуктивности сортов на естественном фоне – контрольном варианте. В 2018 году сорт «Крапинка» с урожайностью 11,5 ц/га уступал сорту «Веховская» на 5,7 ц/га и сорту «Viceroy» на 4,1 ц. С улучшением условий фосфорного питания продуктивность сортов складывалась по-разному [184, с. 31; 205, с. 28].

Наиболее отзывчивым на фосфорные удобрения оказался сорт «Viceroy», обеспечивший прирост урожая на 62%. На контроле урожайность составила 15,6 ц, по варианту P₁₂₀ – 25,4 ц, прибавка – 9,8 ц. По сорту «Веховская» прирост урожая составил 48% к контролю.

Азотные удобрения в чистом виде и по фосфорному фону (P₉₀) незначительно, но все же повышали продуктивность сортов на 1,4 ц по сортам «Крапинка» и «Веховская». Наибольшую востребованность к азоту проявил сорт «Viceroy». Прибавка урожая составила – 4,6-5,3 ц.

Исследования показали, что особенности гидротермического режима в годы исследований, а именно острейшая засуха 2019 года, когда за вегетационный период выпало 57 мм осадков и 2020 год с обильными осадками (114 мм) в критическую фазу роста – цветения существенно повлияли на почвенные процессы и реакцию чечевицы на удобрения.

Так, из таблицы 17 видно, что в условиях острейшей засухи 2019 года урожайность чечевицы формировалась в разы меньше, чем в благоприятные. Результаты исследований, также показывают о зависимости эффективности фосфорных удобрений от условий влагообеспеченности. Самая низкая урожайность чечевицы и эффективность фосфорных удобрений складывалась в наиболее засушливом 2019 году. Но нужно отметить, что на фоне низкой урожайности, относительная прибавка к контролю достигала по сорту «Крапинка» – 44%, по сорту «Веховская» – 18%, и «Viceroy» – 52%.

В острозасушливом 2019 году продуктивность сортов на естественном фоне – контрольном варианте составляла от 1,8 ц/га по сорту «Крапинка» до 3,8 ц/га по сорту «Веховская». Сорт «Viceroy» занимал среднее положение – 2,7 ц/га.

Урожайность чечевицы в условиях экстремально засушливого 2019 года оказалась в 4-5 раз ниже урожая 2018 года. Полученные результаты лишь подтверждают положительную реакцию чечевицы на внесение удобрений. Для поставленной задачи – определения оптимальных параметров плодородия почв результаты 2019 года неприемлемы [184, с. 32; 206, с. 30].

В относительно благоприятном по увлажнению 2020 году продуктивность сортов на естественном фоне – контрольном варианте была выше 2018 года. Также наиболее высокой продуктивностью отличался сорт «Веховская» (19,9 ц), на втором месте сорт «Viceroy» (17,2 ц) и самая меньшая продуктивность у сорта «Крапинка» (15,0 ц/га).

Внесение удобрений, улучшая условия как азотного, так и фосфорного питания, по всем сортам и по всем вариантам дали существенную прибавку урожая. Самые высокие прибавки урожая по всем сортам получены по варианту P_{120} (от 8,4 ц/га по сорту «Крапинка» и 8,5 ц по сорту «Веховская» до 11,2 ц по сорту «Viceroy»). Азотные удобрения так же, как и фосфорные, дали прибавки урожая, которые составили 2,2-3,5 ц/га от N_{30} . В сравнении с фосфорными удобрениями прибавки от азотных значительно ниже [184, с. 33].

В итоге, результаты трехлетних исследований показали, что изучаемые сорта чечевицы в одних и тех же условиях формировали разный уровень урожайности и показали разную отзывчивость на удобрения, что указывает на биологические особенности сортов. Так, наиболее продуктивным сортом является сорт «Веховская», средняя урожайность которого за 2018, 2020 гг. составила 24,4 ц/га (2019 год не типичен – все сорта из-за отсутствия влаги в почве, прекратили вегетацию уже в июле месяце со средней урожайностью 2,4-4,2 ц/га). На втором месте сорт «Viceroy» – урожайность 22,8 ц/га, на третьем «Крапинка» – 18 ц/га.

Но, как видно из таблицы 17, один и тот же сорт в разные годы формировал лучший урожай на разных вариантах удобрений, в частности фосфорных. Это определялось разным дефицитом фосфора по годам и отсюда разной потребностью в дополнительном внесении удобрений.

Лучший результат по продуктивности формировался на фоне той дозы удобрений, которая обеспечивала доведение фосфора в почве до необходимого для данного сорта уровня. А поскольку опыты закладывались на разных площадках (второй культурой в севообороте), с разным исходным содержанием фосфора, дефицит фосфора по годам складывался по-разному, это и предопределяло разную эффективность одной и той же дозы.

Так, в 2018 году лучшие результаты получены на вариантах P_{120} с содержанием P_2O_5 – 27,5 мг/кг почвы по сортам «Крапинка» и «Viceroy» и P_{150} с содержанием P_2O_5 – 31,4 мг/кг почвы по сорту «Веховская». А в 2020 году лучше себя показал фосфорный вариант P_{120} с содержанием P_2O_5 – 26,7-28,6 мг/кг почвы и азотно-фосфорные варианты $P_{90}N_{30}$ с содержанием $N-NO_3$ – 12-15 мг/кг почвы по сортам «Крапинка» и «Viceroy» и $P_{90}N_{60}$ с содержанием $N-NO_3$ – 17 мг/кг почвы по сорту «Веховская».

Создание разных уровней азота и фосфора в почве за счет естественной пестроты и внесенных удобрений крайне важно для ответа на главный вопрос – какой уровень содержания азота и фосфора в почве требует тот или другой сорт, с тем чтобы в последующем определить какую дозу удобрений надо внести, чтобы довести содержание до требуемого культурой оптимума.

Анализ урожайных данных показал, что действие азотных удобрений в значительной степени определялось совокупностью факторов, среди которых наиболее важную роль играли гидротермические условия лет, исходное содержание минерального азота в почве и обеспеченность фосфором.

В силу вышесказанного следует, что дозы удобрений должны определяться индивидуально для каждого поля и сорта с учетом всех факторов от которых зависит их эффективность. Но для этого нужно установить количественную взаимосвязь между факторами, урожайностью и действием удобрений. Важным представляется вопрос за счет каких элементов структуры урожая сорта формировали более высокую урожайность.

4 ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ И ПРИЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ

Для реализации потенциала продуктивности перспективных для сухостепной зоны Казахстана сортов чечевицы были определены оптимальные для них параметры основных свойств почвы [184, с. 37].

Определением оптимальных параметров плодородия почв для зерновых культур впервые начала заниматься В.Г. Черненко на темно-каштановых почвах Северного Казахстана. На протяжении 20-летнего периода ею исследовалось 12 показателей плодородия: гумус, мощность гумусового горизонта, рН водной вытяжки, сумма поглощенных оснований, содержание физической глины, сумма водопрочных агрегатов, сумма агрономически ценных микроагрегатов, целлюлозоразлагающая способность, формы азота в почве, подвижный фосфор, обменный калий и влагообеспеченность.

По результатам исследований установлено, что существенная корреляционная связь урожайности культур была установлена с содержанием N-NO₃ в слое 0-40 см весной перед посевом, P₂O₅ в слое 0-20 см. Важную роль играло соотношение N-NO₃ к P₂O₅ в почве. С остальными факторами достоверной связи не было установлено, главным образом в связи со слабой вариацией этих показателей в пределах одного подтипа почв [124, с. 40].

Между содержанием азота нитратов в почве в слое 0-40 см и продуктивностью чечевицы выявлена высокая корреляционная зависимость по всем сортам, что позволило определить оптимальный уровень содержания азота в почве, обеспечивший формирование максимально возможного урожая в сложившихся метеоусловиях [184, с. 39], (рисунки 5, 6, 7, 8, 9, 10).

В 2018 году при высоком коэффициенте корреляции продуктивность сорта «Крапинка» с содержанием N-NO₃ по слою 0-40 см почвы выявить оптимальный уровень не представилось возможным (рисунок 5). Но, высокая корреляционная связь ($r=0,87$) в 2020 году по этому же сорту позволила определить оптимальный фон – 12-15 мг N-NO₃ на кг почвы, где формировалась самая высокая урожайность – 23,5 ц/га (рисунок 6). Эта связь подчиняется уравнению:

$$y = -0,0751x^2 + 2,36x + 4,8948 \quad (1)$$

Для сорта «Крапинка» 12 мг – нижний предел оптимального уровня до которого следует доводить содержание азота нитратов в почве, гарантируя высокую окупаемость затрат на удобрения. 15 мг – верхний предел до которого не целесообразно доводить содержание N-NO₃, так как 0,5 ц прибавки урожая могут не окупить затраты на дополнительное внесение удобрений [184, с. 39; 237].

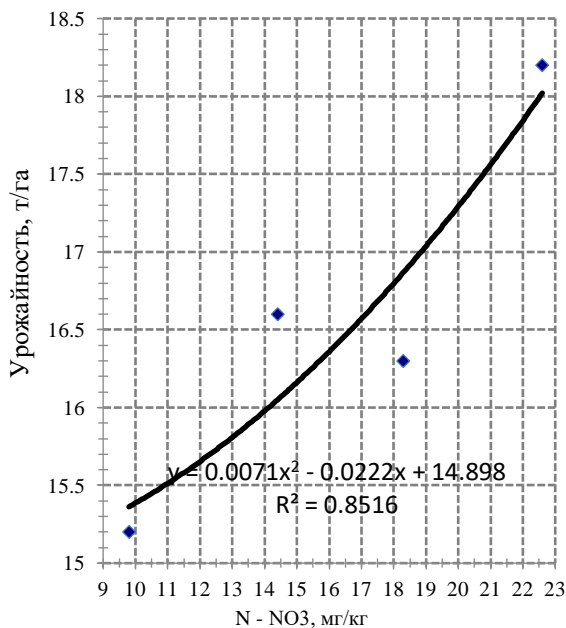


Рисунок 5 – Связь урожайности чечевицы сорта «Крапинка» с N-NO₃ в слое почвы 0-40 см, 2018 г., R=92

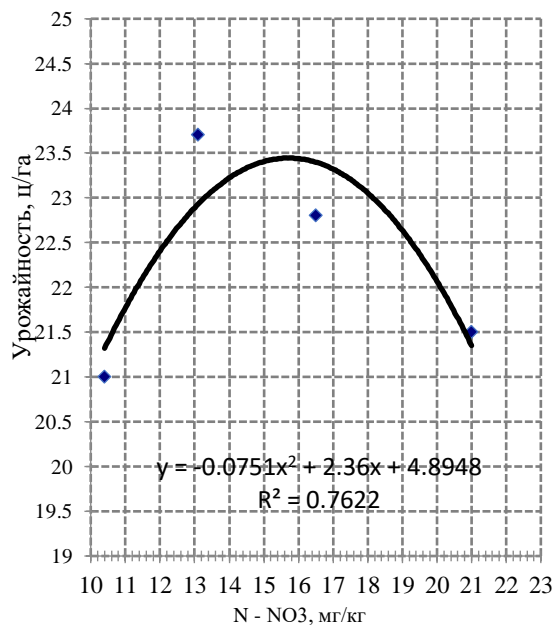


Рисунок 6 – Связь урожайности чечевицы сорта «Крапинка» с N – NO₃ в слое почвы 0-40 см, 2020 г., R=0,87

Самая высокая продуктивность сорта «Веховская» в 2018 году формировалась на фоне – 15 мг N-NO₃ на кг почвы (рисунок 7). Эта связь подчиняется уравнению:

$$y = -0,0506x^2 + 1,5958x + 12,952 \dots \dots \dots (2)$$

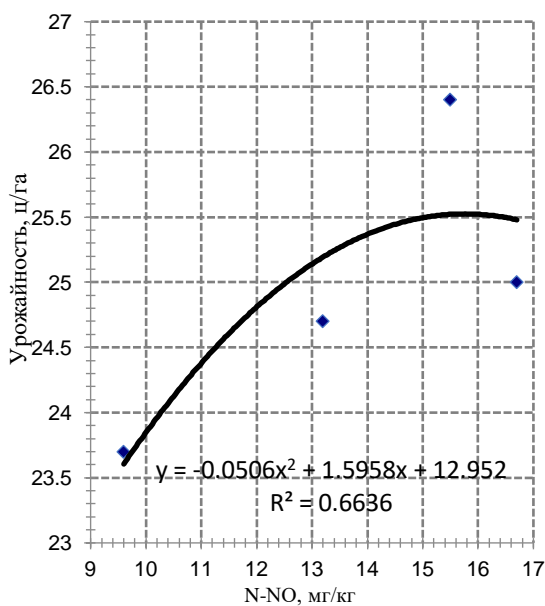


Рисунок 7 – Связь урожайности чечевицы сорта «Веховская» с N-NO₃ в слое почвы 0-40 см, 2018 г., R = 0,81

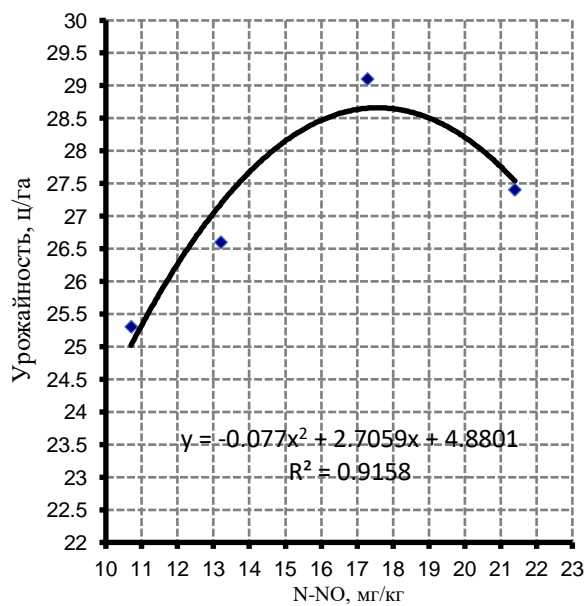


Рисунок 8 – Связь урожайности чечевицы сорта «Веховская» с N – NO₃ в почве в слое 0-40 см, 2020 г., R = 0,96

В благоприятном 2020 году сорт «Веховская» самый высокий урожай 29 ц/га формировал на фоне 15-17 мг N-NO₃ на кг почвы в слое 0-40 см [238] (рисунок 8). Эта связь подчиняется уравнению:

$$y = -0,077x^2 + 2,7059x + 4,8801 \quad (3)$$

Сорт «Viceroy» в 2018 году максимальную урожайность формировал на фоне – 13-15 мг N-NO₃ на кг почвы (r=0,93) (рисунок 9). Эта связь подчиняется уравнению:

$$y = -0,1116x^2 + 3,6046x - 1,3099 \quad (4)$$

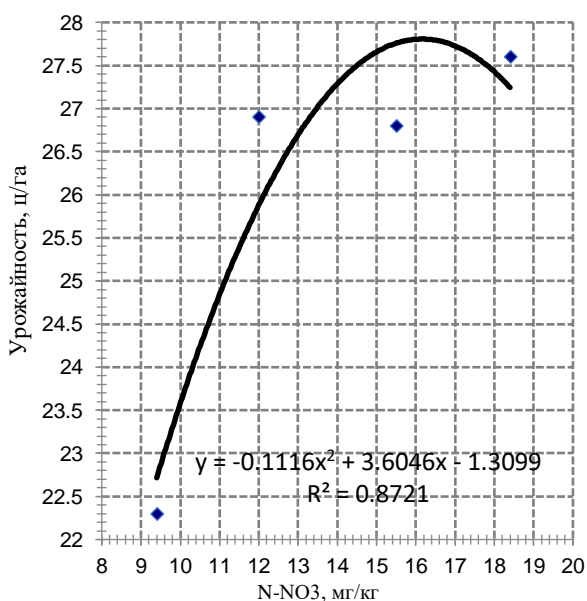


Рисунок 9 – Связь урожайности чечевицы сорта «Viceroy» с N – NO₃ в слое почвы 0-40 см, 2018 г., R = 0,93

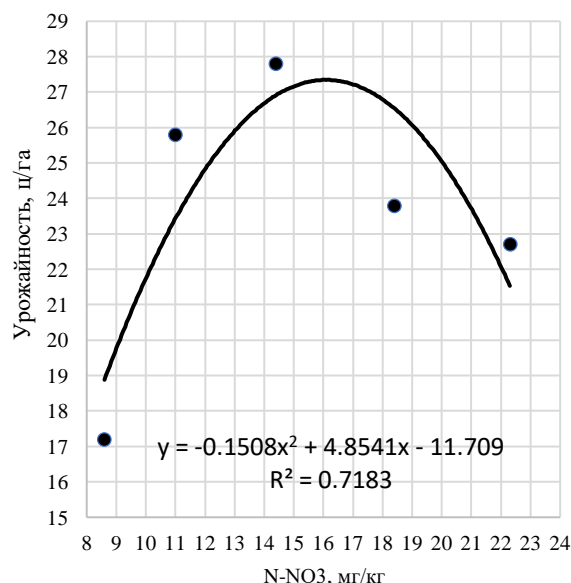


Рисунок 10 – Связь урожайности чечевицы сорта «Viceroy» с N – NO₃ в слое почвы 0-40 см, 2020 г., R = 0,72

В 2020 году эффективность азотных удобрений проявилась очень хорошо (рисунок 10). Полученные данные подтвердили результаты 2018 года. Откуда видно, что для «Viceroy» оптимальный уровень содержания азота в почве находится в пределах 13-15 мг/кг почвы, где 13 – это тот уровень до которого целесообразно доводить содержание азота в почве, сохраняя гарантию их высокой эффективности и окупаемости затрат [184, с. 40; 239].

Определение оптимальных значений содержания важнейшего элемента в почве очень важно. Это позволяет целенаправленно управлять плодородием почв, доводя содержание азота до необходимого уровня, используя уже известную формулу оптимизации Черненко В.Г. (5) [228, с. 52]:

$$D_N = (N_{opt} - N_{факт}) * 7,5 * \cdot P_{кувл} \quad (5)$$

где D_N – доза удобрения необходимую внести для доведения уровня азота до оптимального уровня;

N_{opt} – установленный оптимальный уровень $N-NO_3$ для культуры, сорта (нижняя граница), в данном случае для чечевицы сорта «Крапинка» и «Viceroy» – 12-13 мг/кг, для сорта «Веховская» – 15 мг/кг;

$N_{факт}$ – фактическое содержание азота в почве в слое 0-40 см перед посевом или накануне осенью на данном поле;

7,5 – количество азотных удобрений кг д.в. на 1 мг дефицита $N-NO_3$ в почве в слое 0-40 см.

$P_{кувл}$ – поправочный коэффициент на увлажнение, который определяется по формуле (6):

$$P_{кувл} = \frac{\text{фактическое количество осадков за с/х год}}{\text{нормативное количество осадков}} \quad (6)$$

для, Акмолинской области нормативное количество осадков 320 мм.

Расчет потребности чечевицы в азотных удобрениях с учетом ее требований и фактического содержания $N-NO_3$ в почве на данном поле позволит с высокой точностью определить дозу удобрений, гарантирующую экономическую эффективность и экологическую безопасность, которая позволит целенаправленно управлять плодородием почв, создавая оптимальный уровень питания для возделываемой культуры, сорта.

Фосфор второй, самый важный, лимитирующий урожай элемент питания в Северном Казахстане.

В условиях 2018 года оптимальный уровень фосфора для сорта «Крапинка» находился в пределах 26-28 мг P_2O_5 /кг почвы (рисунки 11). На данном фоне формировалась наивысшая урожайность по сорту – 17,1 ц/га.

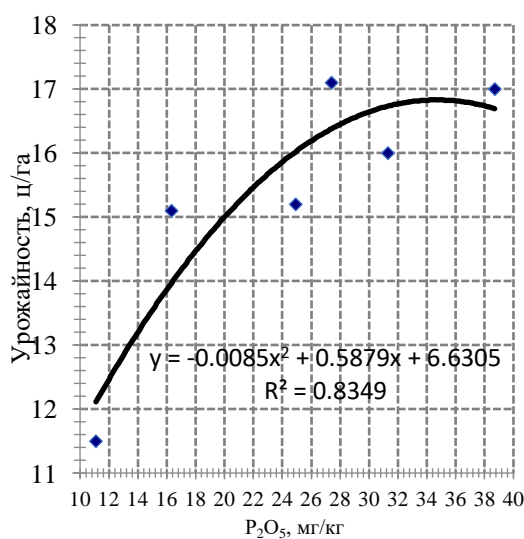


Рисунок 11 – Связь урожайности чечевицы сорта «Крапинка» с P_2O_5 в почве в слое 0-20 см, 2018 г., $R = 0,91$

Корреляционно-регрессионный анализ между содержанием фосфора в 0-20 см слое почвы и урожайностью чечевицы сорта «Крапинка» в 2018 году показал высокую зависимость ($r=0,91$), которая подчинялась следующему уравнению:

$$y = -0,0085x^2 + 0,5879x + 6,6305 \quad (7)$$

В 2020 году корреляционная связь продуктивности сорта «Крапинка» подтвердила, что оптимальный уровень содержания фосфора в почве 26-28 мг/кг почвы ($r=0,91$), (рисунок 12) [240].

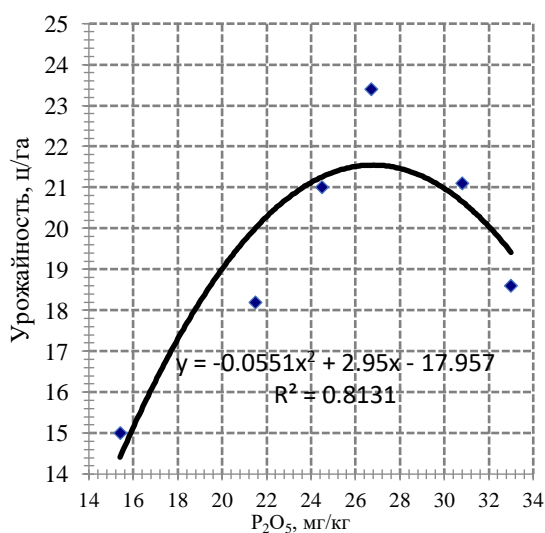


Рисунок 12 – Связь урожайности чечевицы сорта «Крапинка» с P₂O₅, в почве в слое 0-20 см, 2020 г., R = 0,90

По сорту «Веховская» в 2018 году оптимальный уровень содержания фосфора определить не получилось (рисунок 13). Но, в 2020 году максимальный урожай на уровне 28,5 ц формировался при содержании фосфора в почве 28 мг/кг почвы (рисунок 14). Высокая корреляционная связь ($r=0,95$), полученная в 2020 году, позволяет сделать вывод, что при содержании подвижного фосфора (P₂O₅) 28 мг/кг почвы является оптимальным для сорта «Веховская» [184, с. 41] и подчиняется следующему уравнению:

$$y = -0,026x^2 + 1,6982x - 0,3959 \quad (8)$$

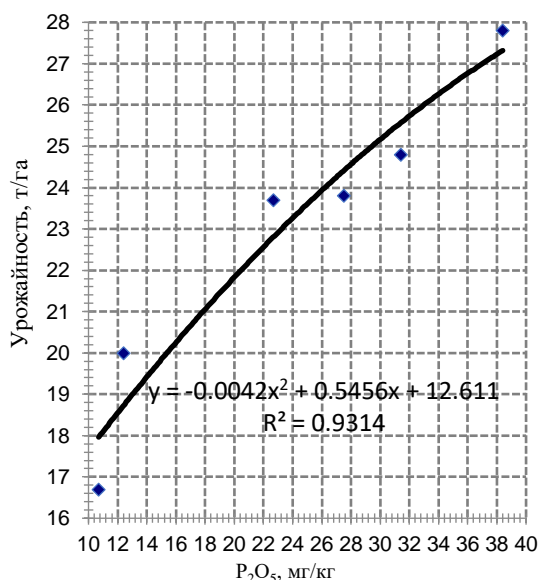


Рисунок 13 – Связь урожайности чечевицы сорта «Веховская» с P_2O_5 в почве в слое 0-20 см, 2018 г., $R = 0,96$

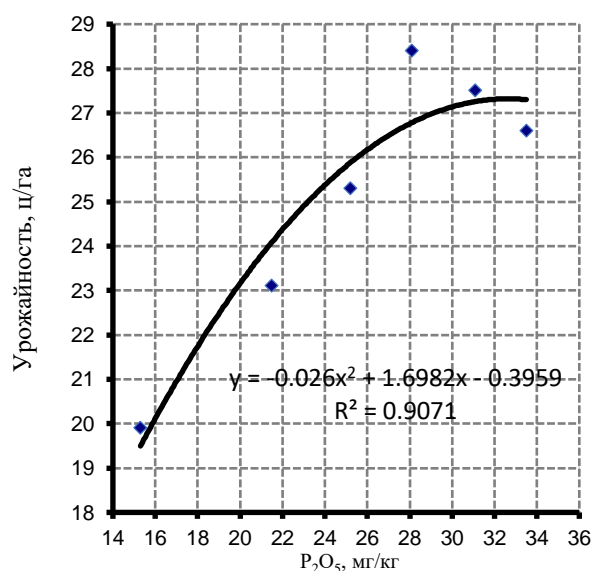


Рисунок 14 – Связь урожайности чечевицы сорта «Веховская» с P_2O_5 в почве в слое 0-20 см, 2020 г., $R = 0,95$

Для сорта «Viserou» в условиях 2018 года оптимальный уровень по фосфору лежал в пределах 28 мг P_2O_5 /кг почвы (рисунки 15), а в 2020 году на уровне 28-30 мг/кг P_2O_5 /кг почвы (рисунки 16) [240, р. 791]. В 2018 ($r=0,96$) и 2020 годах ($r=0,98$) была получена высокая корреляционная связь, которая выражалась следующими уравнениями:

$$y = -0,0207x^2 + 1,3799x + 3,491 \quad (9)$$

$$y = -0,0513x^2 + 3,0089x - 16,822 \quad (10)$$

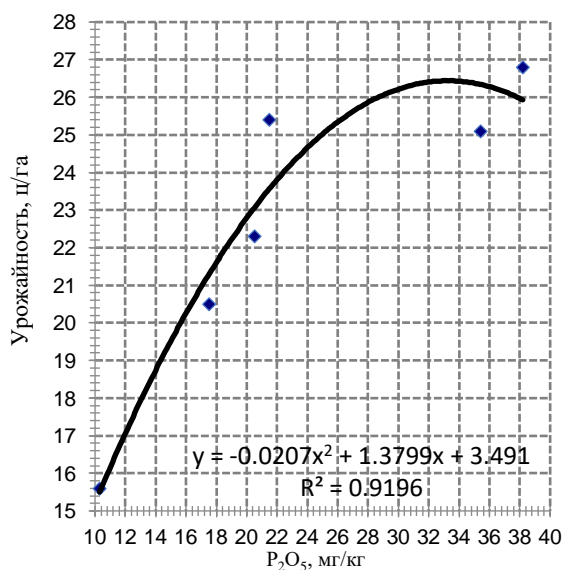


Рисунок 15 – Связь урожайности чечевицы сорта «Viserou» с P_2O_5 в почве в слое 0-20 см, 2018 г., $R = 0,96$

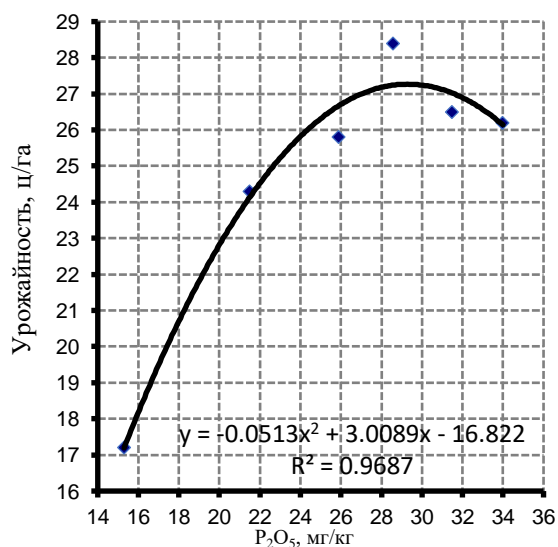


Рисунок 16 – Связь урожайности чечевицы сорта «Viserou» с P_2O_5 в почве в слое 0-20 см, 2020 г., $R = 0,98$

Установление оптимального предела, а также количественных связей содержания P_2O_5 в почве с урожайностью и отзывчивостью на удобрения, позволят целенаправленно управлять питанием чечевицы и плодородием почв, используя формулу оптимизации В.Г. Черненко (11):

$$D_p = (P_{opt} - P_{факт}) * 10, \quad (11)$$

где D_p – доза удобрения необходимую внести для доведения содержания фосфора до оптимального уровня;

P_{opt} – установленный оптимальный уровень P_2O_5 для культуры, сорта (нижняя граница);

$P_{факт}$ – фактическое содержание фосфора в почве мг/кг почвы в слое 0-20 см перед посевом или накануне осенью на данном поле;

10 – эквивалент фосфорных удобрений на 1 мг/кг P_2O_5 в почве.

Таким образом, исследования показали, что каждый сорт чечевицы в силу их биологических особенностей требует определенного уровня плодородия почв, который можно создавать за счет внесения научно обоснованных доз удобрений, используя формулу оптимизации.

Разработка приемов управления плодородием почв и продуктивностью чечевицы на основе определения оптимальных уровней и способов их достижения для культур с помощью внесения удобрений и была основной целью данной диссертации.

Из выше сказанного очевидно, насколько важно иметь для нормального роста и развития растений все необходимые элементы питания в оптимальном количестве и соотношений, и достаточное количество влаги. Недостаток и избыток их отрицательно сказывается на урожайности культуры, сорта.

Определение основных агрохимических факторов определяющих формирование урожайности и эффективности удобрений, их оптимальных параметров, обеспечит реализацию потенциальной продуктивности чечевицы в сухостепной зоне Северного Казахстана, повысит качество, позволит с высокой точностью определить дозу удобрений, которая гарантирует экономический эффект, что согласуется с целью и задачами диссертационной работы.

Определенные оптимальные уровни элементов питания в почве для разных сортов чечевицы позволяют, используя формулы оптимизации питания Черненко В.Г., управлять содержанием элементов питания в почве в достижении высоких и качественных урожаев в складывающихся метеоусловиях года независимо от места ее возделывания в условиях Северного Казахстана.

5 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЧЕЧЕВИЦЫ

5.1 Влияние различных уровней минерального питания и удобрений на структурные компоненты урожайности чечевицы

Тот или иной уровень урожайности чечевицы создается за счет разного развития элементов структуры урожая. Очень важно знать какие элементы структуры урожая определяют количество и качество продуктивности: количества ветвей, бобов, массы зерна с одного растения, массы 1000 семян и т.д. [241].

В наших исследованиях, количество бобов было основным структурным элементом, изменение которого напрямую влияло на урожайность чечевицы (таблица 18), (Приложение К).

Таблица 18 – Структурный анализ чечевицы, среднее за 2018 и 2020 годы

Внесено, кг/га д.в.	Масса снопа, г/25 раст	Количество, шт/раст		Масса		Побочная продукция, г	Соотношение з/с
		ветвей	бобов	зерна, г/раст	1000 семян, г		
Крапинка							
О	40,8	5,3	17,5	1,0	39,0	17,2	1,4
P ₉₀	57,0	9,0	24,7	1,3	37,2	26,2	1,2
P ₁₂₀	67,4	8,6	28,9	1,5	36,8	29,3	1,2
P ₉₀ N ₃₀	64,2	7,3	27,6	1,5	38,1	27,6	1,2
Среднее	57,4	7,6	24,7	1,3	37,8	25,1	1,3
Веховская							
О	63,2	4,1	17,9	1,1	67,4	36,5	0,7
P ₉₀	81,4	4,9	22,8	1,4	66,7	47,3	0,7
P ₁₅₀	92,7	4,4	22,8	1,5	67,0	54,8	0,7
P ₉₀ N ₆₀	100,0	5,6	26,3	1,7	66,8	56,8	0,7
Среднее	84,3	4,8	22,5	1,4	67,0	48,9	0,7
Viceroy							
О	57,2	5,0	25,8	1,1	36,5	29,4	1,0
P ₉₀	78,6	5,1	32,3	1,6	35,4	37,2	1,2
P ₁₂₀	84,7	7,0	36,9	1,8	34,9	40,7	1,1
P ₉₀ N ₃₀	83,5	6,3	35,9	1,6	34,9	44,2	0,9
Среднее	76,0	5,9	32,7	1,5	35,4	37,9	1,1

На естественном фоне – контрольном варианте, в зависимости от сорта количество бобов было от 17,5 до 25,8 шт. на растении в среднем за 2018 и 2020 годы. Внесение удобрений положительно сказалось на их образовании.

По сорту «Крапинка» увеличение количества бобов шло с 17,5 шт. на контроле до 28,9 шт. на фоне 26-28 мг P₂O₅/кг почвы (вариант P₁₂₀) и 12-14 мг N-NO₃/ кг почвы – 27,6 шт. (вариант P₉₀N₃₀).

По сорту «Веховская» количество сформировавшихся бобов увеличивалось с 17,9 на контроле до 22,8 шт. на варианте P₁₅₀, с содержанием 31 мг P₂O₅ и P₉₀N₆₀ с 17 мг N-NO₃ – 26,3 шт. соответственно.

Самым большим количеством бобов отличался сорт «Viceroy» от 25,8 шт. на контроле до 36,9 шт. на оптимальном фосфорном фоне (вариант P₁₂₀). У данного сорта количество бобов даже на контроле (естественном фоне) было выше, чем на некоторых удобренных вариантах по другим сортам, что связано с его биологической особенностью в формировании большого количества бобов.

В зависимости от уровня фосфорного питания количество бобов увеличивалось у сорта «Крапинка» до 65%, «Веховская» до 27%, «Viceroy» до 43%. С увеличением количества бобов повышалось количество зерен чечевицы, что отразилось на продуктивности растений.

Озерненность бобов была – высокой. Установлено, что наиболее озерненным сортом является «Viceroy» – 96,1%, после идет «Крапинка» – 95,8% и «Веховская» – 80,8%.

Масса зерна с одного растения по опыту была самой низкой у сорта «Крапинка» – 1,3 г. Улучшение условий фосфорного питания за счет внесения фосфорных удобрений, относительно контроля (1,0 г) шло увеличение массы зерна одного растения до 1,5 г по варианту P₁₂₀. По азотным удобрениям изменения в массе семян были несущественными относительно контрольного варианта.

По сорту «Веховская» масса зерна по опыту – 1,4 г. При внесении фосфорных удобрений масса зерен на одном растении росла с 1,1 г на контроле до 1,5 г при внесении P₁₅₀. С азотными удобрениями лучшим был вариант P₉₀N₆₀ – 1,7 г.

Во все годы среди изученных сортов масса зерен с одного растения была выше у сорта «Viceroy» – 1,5 г. Лучший результат среди фосфорных фонов был получен по P₁₂₀ – 1,8 г. С азотными удобрениями лучшим был P₉₀N₃₀ – 1,6 г.

Масса 1000 семян была самым стабильным показателем структуры урожайности. Она имеет очень высокую генетическую зависимость и определяется сортовыми особенностями. Самая большая масса 1000 семян была у сорта «Веховская» – 67,0 г в среднем по опыту, у сорта «Крапинка» – 37,8 г, а у «Viceroy» – 35,4 г.

По количеству ветвей, сорта распределялись от большего к меньшему: Крапинка, Viceroy, Веховская.

Соотношения зерна к соломе у сорта «Крапинка» и «Viceroy» – 1,3 и 1,0, у сорта «Веховская» – 0,7. Это означает, что у этих сортов формировалось меньше или одинаковая масса соломы и зерна, а у сорта «Веховская» больше соломы, чем зерна. Данная особенность сорта «Веховская» позволяет сделать вывод, что он более технологичен, т.е. пригоден к любым способам уборки.

Показатели структуры урожая острозасушливого 2019 года в разы ниже, чем в среднем за 2018 и 2020 годы. Так, количество оставшихся бобов колебалось от 1,9 до 5,2 шт. в зависимости от сорта. На фоне острой засухи масса 1000 семян снизилась у сорта «Веховская» до 56,0-58,2 г, у сорта «Крапинка» осталась на прежнем уровне 39,9-42,5 г, что говорит о биологической пластичности сорта в период засухи, что очень важно в наших условиях, а у «Viceroy» до 31,2-35,0 г. Снижение массы 1000 семян связано с тем, что «Веховская» и «Viceroy» более

интенсивные сорта, что делает их более чувствительными к недостатку влаги. Сохранившихся семян было в разы меньше, чем и обусловлена низкая урожайность. Соотношение оставшегося зерна к соломе было на одинаково низком уровне по всем сортам – 0,1-0,3.

Из приведенных данных следует, что на формирование урожайности больше влияли количество сформировавшихся бобов на одном растении и масса зерна, что подтверждается корреляционным анализом ($r=0,69$; $0,85$) (рисунок 17, 18). Связь урожайности с количеством ветвей отсутствует ($r=0,26$). Менее существенная связь с массой 1000 семян ($r=0,24-0,56$).

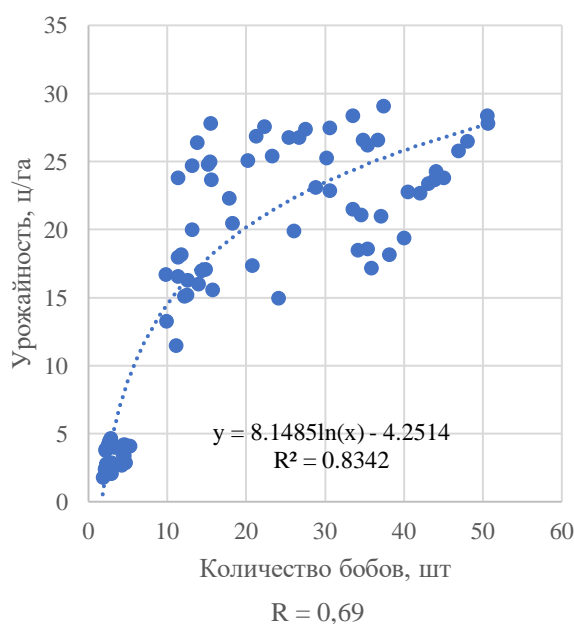


Рисунок 17 – Связь количества бобов с урожайностью чечевицы, 2018-2020 гг.

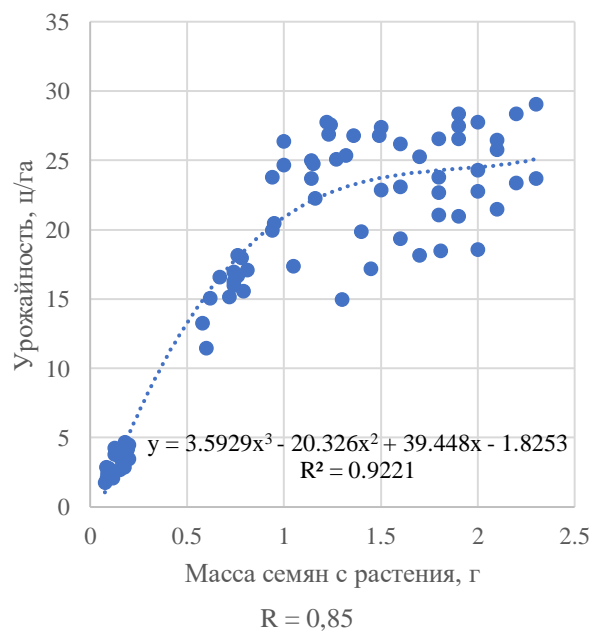


Рисунок 18 – Связь массы семян с растения с урожайностью, 2018-2020 гг.

Из вышеизложенного очевиден вывод, что улучшение условий минерального питания за счет внесения минеральных удобрений обеспечивало формирование большего количества бобов и массы зерна, и как следствие увеличение урожайности чечевицы.

5.2 Влияние различных уровней минерального питания и удобрений на качество чечевицы

Для оценки чечевицы как бобовой культуры важным показателем, кроме продуктивности, является качество зерна (таблица 19), (Приложение Л).

Таблица 19 – Влияние удобрений на химический состав и качество семян чечевицы, среднее за 2 года (2018 и 2020 гг.), %

Внесено, кг д.в./га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок
О	2,76	1,09	2,59	15,45	3,19	1,14	2,51	17,85	2,85	1,20	2,31	15,95
P ₉₀	2,94	1,30	2,64	16,45	3,27	1,21	2,50	18,30	3,19	1,22	2,38	17,80
P ₁₅₀	2,95	1,35	2,63	16,50	3,27	1,24	2,58	18,30	3,24	1,40	2,34	17,95
P ₉₀ N ₉₀	3,36	1,35	2,50	18,80	3,59	1,26	2,57	20,05	3,47	1,21	2,31	19,40
среднее	3,00	1,27	2,59	16,80	3,33	1,21	2,54	18,63	3,19	1,26	2,34	17,78

В наших исследованиях, среднее содержание азота за 2018 и 2020 года в семенах чечевицы по всем сортам, даже на естественном варианте, было в пределах и выше 3,0% (таблица 19). Высоким содержанием азота на естественном фоне отличался сорт «Веховская» – 3,19%, «Viceroy» – 2,85%, «Крапинка» – 2,76%. С внесением фосфорных удобрений (аммофоса) шло незначительное увеличение содержания азота в зерне на 0,15% по сортам «Крапинка» и «Веховская», и на 0,4% по сорту «Viceroy» [184, с. 33].

Существенное влияние на содержание азота оказало внесение азотных удобрений, увеличив его содержание на 0,42% по варианту P₉₀N₉₀ относительно варианта P₉₀ по сортам «Крапинка», и на 0,22-0,27% по сортам «Веховская» и «Viceroy».

Содержание фосфора в зерне было на одинаковом уровне 1,20-1,27%. Внесение фосфорных удобрений привело к постепенному увеличению его содержания на 0,28, 0,10 и 0,20% соответственно сорту. Улучшение условий азотного питания стимулировало потребление фосфора.

Содержание азота в зерне напрямую отразилось на содержании белка в той же закономерности. Самая высокая концентрация азота (в среднем по опыту) получена по сортам «Веховская» и «Viceroy», соответственно и содержание белка на 1,5-1,2% выше, чем у сорта «Крапинка». Наибольшее содержание белка по всем сортам отмечалось по азотно-фосфорному варианту P₉₀N₉₀ с содержанием азота нитратов около 22 мг/кг – 18,8, 20,0 и 19,4% соответственно сорту [184, с. 33].

Гидротермические условия года также оказывали влияние на содержание азота в зерне. В условиях острейшей засухи 2019 года содержание азота было значительно выше по всем сортам, с преимуществом сорта «Крапинка», что связано с формированием меньшей биомассы и ускоренным созреванием.

В наших исследованиях отмечено, что формирование большей урожайности данными сортами, способствовало разбавлению азота в большей биомассе, что еще раз подтверждают устоявшуюся закономерность о снижении качественных показателей на фоне увеличения урожайности.

Поэтому обеспечение оптимального минерального питания, которое будет способствовать формированию высокой урожайности и сохранять качество продукции можно создать лишь внесением удобрений.

Как уже отмечалось выше, чечевица среди бобовых культур характеризуется самыми высокими пищевыми и другими достоинствами не только зерна, но и соломы, которая является высококачественным кормом (таблица 20), (Приложение Л).

Таблица 20 – Влияние удобрений на химический состав соломы чечевицы, среднее за 2 года (2018 и 2020 гг.), %

Внесено, кг д.в./га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	протеин	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	протеин	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	протеин
О	1,15	0,81	4,2	7,2	1,29	0,68	4,8	8,1	1,34	0,67	4,4	8,4
P ₉₀	1,37	0,88	5,0	8,6	1,38	0,69	5,2	8,6	1,50	0,74	4,6	9,4
P ₁₅₀	1,45	0,81	4,6	9,1	1,51	0,71	5,3	9,4	1,63	0,85	4,7	10,2
P ₉₀ N ₉₀	1,56	0,79	4,8	9,8	1,57	0,69	4,9	9,8	1,46	0,92	4,8	9,1
среднее	1,38	0,82	4,7	8,6	1,44	0,69	5,0	9,0	1,48	0,80	4,6	9,2

Результаты исследований показали, что солома чечевицы содержит высокий процент азота и соответственно протеина и отражает по сортам ту же закономерность, что и по зерну.

В целом, оценивая качественные показатели чечевицы, следует отметить ее высокую белковость, что делает ее зерно ценным пищевым, а солому кормовым продуктом.

Учитывая все факторы и условия возделывания в Северном Казахстане, чечевицу можно считать важной культурой для диверсификации зернового производства.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИЕМОВ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ

Оптимизация минерального питания культур невозможна без использования удобрений. Применение минеральных удобрений связано с большими затратами средств, что необходимо учитывать при оптимизации условий минерального питания. В хозяйствах, интенсивно использующих удобрения, затраты на них в структуре себестоимости продукции растениеводства составляют более 20%. Поэтому вопросы учета экономической эффективности этих средств имеют большое производственное значение [184, с. 114].

Расчет экономической эффективности применения удобрений проводился по методике Н.Ф. Меншикова (Приложение М) [201, с. 50].

В статью затрат входит стоимость внесенных удобрений по закупочным ценам текущего года, плюс дополнительные затраты на хранение, транспортировку, внесение удобрений и подработку дополнительно полученного урожая в размере 20% от стоимости удобрений: стоимость 1 ц аммофоса – 12 500 тг, аммиачной селитры – 9000 тг. Стоимость 1 ц семян чечевицы в годы исследования: в 2018 году – 11 000 тг, в 2019 и 2020 годах – 10 000 тг [184, с. 42].

Без учета последствия удобрений их эффективность в первый год окупала все затраты, связанные с их внесением (таблица 21).

Таблица 21 – Экономическая эффективность применения удобрений (в год внесения)

Внесено, кг д.в.	Прибавка, ц/га	Стоимость дополнительно полученной продукции	Затраты на удобрения, тг/га	Чистый доход, тг/га	Окупаемость затрат, тг	Рентабельность %
1	2	3	4	5	6	7
2018 год						
Крапинка						
P ₆₀	3,5	38500	19565	18935	1,97	96,8
P ₉₀	3,6	39600	29348	10252	1,35	34,9
P ₁₂₀	5,6	61600	39130	22470	1,57	57,4
P ₁₅₀	4,5	49500	48913	587	1,01	1,2
P ₉₀ N ₃₀	5,1	61710	38712	22998	1,59	59,4
P ₉₀ N ₆₀	4,8	53800	48076	5724	1,12	11,9
P ₉₀ N ₉₀	6,7	73700	57440	16260	1,28	28,3
N ₃₀	1,8	19800	9364	10436	2,11	111,4
Веховская						
P ₆₀	3,3	36300	19565	16735	1,86	85,5
P ₉₀	7,0	77000	29348	47652	2,62	162,4
P ₁₂₀	7,1	78100	39130	38970	2,00	99,6

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7
P ₁₅₀	8,1	89100	48913	40187	1,82	82,2
P ₉₀ N ₃₀	8,0	88000	38712	49288	2,27	127,3
P ₉₀ N ₆₀	8,3	91300	48076	43224	1,90	89,9
P ₉₀ N ₉₀	9,7	106700	57440	49260	1,86	85,8
N ₃₀	1,3	14300	9364	4936	1,53	52,7
Viceroy						
P ₆₀	4,9	53900	19565	34335	2,75	175,5
P ₉₀	6,7	73700	29348	44352	2,51	151,1
P ₁₂₀	9,8	107800	39130	68670	2,75	175,5
P ₁₅₀	9,5	104500	48913	55587	2,14	113,6
P ₉₀ N ₃₀	11,3	124300	38712	85588	3,21	221,1
P ₉₀ N ₆₀	11,2	123200	48076	75124	2,56	156,3
P ₉₀ N ₉₀	12,0	13200	57440	-44240	0,23	-77,0
N ₃₀	1,8	19800	9364	10436	2,11	111,4
2020 год						
Крапинка						
P ₆₀	3,2	41600	19565	22035	2,13	112,6
P ₉₀	6,0	78000	29348	48652	2,66	165,8
P ₁₂₀	8,4	109200	39130	70070	2,79	179,1
P ₁₅₀	6,1	79300	48913	30387	1,62	62,1
P ₁₈₀	3,6	46800	58696	-11896	0,80	-20,3
P ₉₀ N ₃₀	8,7	113100	38712	74388	2,92	192,2
P ₉₀ N ₆₀	7,8	101400	48076	53324	2,11	110,9
P ₉₀ N ₉₀	6,2	80600	57440	23160	1,40	40,3
N ₃₀	3,5	45500	9364	36136	4,86	385,9
Веховская						
P ₆₀	3,2	41600	19565	22035	2,13	112,6
P ₉₀	5,4	70200	29348	40852	2,39	139,2
P ₁₂₀	8,5	110500	39130	71370	2,82	182,4
P ₁₅₀	7,6	98800	48913	49887	2,02	102,0
P ₁₈₀	6,7	87100	58696	28404	1,48	48,4
P ₉₀ N ₃₀	6,7	87100	38712	48388	2,25	125,0
P ₉₀ N ₆₀	9,2	119600	48076	71524	2,49	148,8
P ₉₀ N ₉₀	7,5	97500	57440	40060	1,70	69,7
N ₃₀	3,0	39000	9364	29636	4,16	316,5
Viceroy						
P ₆₀	7,1	92300	19565	72735	4,72	371,8
P ₉₀	8,6	111800	29348	82452	3,81	280,9
P ₁₂₀	11,2	145600	39130	106470	3,72	272,1
P ₁₅₀	9,3	120900	48913	71987	2,47	147,2
P ₁₈₀	9,0	117000	58696	58304	1,99	99,3
P ₉₀ N ₃₀	10,6	137800	38712	99088	3,56	256,0
P ₉₀ N ₆₀	6,2	80600	48076	32524	1,68	67,7
P ₉₀ N ₉₀	5,1	66300	57440	8860	1,15	15,4
N ₃₀	1,8	23400	9364	14036	2,50	149,9
Примечание – По результатам 2019 года экономическая эффективность не рассчитывалась						

В таблице 21 представлены результаты по всем вариантам, показывающим, что доза удобрений, обеспечившая доведение содержания элементов питания до оптимального уровня дали наиболее высокий чистый доход при высокой окупаемости затрат.

В 2018 и 2020 годах по всем сортам и вариантам получен высокий экономический эффект. На фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором и азотом нитратов все вносимые удобрения дали существенную прибавку урожая, но разный экономический эффект.

Самый высокий экономический эффект в 2018 году – чистый доход и окупаемость затрат, был получен по фону P_{120} , обеспечившему доведение содержания фосфора в почве до оптимального уровня для сортов «Крапинка» и «Viceroy». Чистый доход по сорту «Крапинка» составил 22470 тг/га, при окупаемости 1,57 тг, по сорту «Viceroy» – 68670 тг, при окупаемости 2,75 тг. По сорту «Веховская» оптимальный уровень фосфора в этот год не был определен, но высокий чистый доход был получен по варианту P_{90} – 47652 тг с окупаемостью 2,62 тг [184, с. 44].

Улучшение условий азотного питания по всем сортам дало ощутимый экономический эффект как при внесении чистого азота, так и на фоне P_{90} . Но востребованность в удобрениях была значительно меньше, в связи с лучшей обеспеченностью сортов за счет азота в почве.

В 2020 году, по всем сортам фосфорный вариант P_{120} и азотно-фосфорные варианты $P_{90}N_{30-60}$, обеспечившие доведение содержания фосфора и азота в почве до оптимального уровня, показали наивысший чистый доход и окупаемость, дальнейшее увеличение вносимых доз минеральных удобрений снижали положительный эффект. Так, по сорту «Крапинка» чистый доход по фосфорному варианту P_{120} с содержанием 26,7 мг P_2O_5 /кг почвы составил – 70070 тг, окупаемость – 2,79 тг, по азотному варианту $P_{90}N_{30}$ с содержанием 12 мг N- NO_3 /кг почвы – 74388 тг и 2,92 тг соответственно. По сорту «Веховская» максимальный чистый доход по фосфорному фону 28,1 мг P_2O_5 /кг почвы составил – 71370 тг, окупаемость – 2,82 тг, среди азотно-фосфорных $P_{90}N_{60}$ с содержанием 17 мг N- NO_3 /кг почвы – 71524 тг и 2,49 тг был лучшим. По сорту «Viceroy» был получен самый высокий чистый доход по опыту на фоне 28,6 мг P_2O_5 /кг почвы – 106470 тг и окупаемость – 3,72 тг и 15 мг N- NO_3 /кг почвы – 99088 тг и 3,56 тг. Данные варианты обеспечили создание оптимальных условий минерального питания, что способствовало получению высокого экономического эффекта в 2020 году.

Очень важно отметить, что результаты расчета экономической эффективности показали высокую доходность и окупаемость затрат в год внесения. Однако, как азотные так и фосфорные удобрения имеют период последствий, который может продолжаться до 2-х по азотным и до 4-х лет и более по фосфорным удобрениям.

В связи с этим, для более объективной оценки оптимизации, в таблице 22 при расчете экономической эффективности учитывалась длительность действия азотных и фосфорных удобрений, установленная в многолетних стационарных

опытах (Черненко, 2009) [228, с. 52]: для азотных: – 2 года, для фосфорных – 4 года) (таблица 22).

Таблица 22 – Экономическая эффективность применения удобрений (с учетом последствий)

Внесено, кг д.в.	Прибавка, ц/га	Стоимость дополнительно полученной продукции	Загрaты на удобрения, тт/га	Чистый доход, тт/га	Окупаемость загрaг, тт	Рентабельность, %
1	2	3	4	5	6	7
2018 год						
Крапинка						
P ₆₀	3,5	38500	4891	33609	7,87	687,1
P ₉₀	3,6	39600	7337	32263	5,40	439,7
P ₁₂₀	5,6	61600	9783	51817	6,30	529,7
P ₁₅₀	4,5	49500	12228	37272	4,05	304,8
P ₉₀ N ₃₀	5,1	61710	9678	52032	6,38	537,6
P ₉₀ N ₆₀	4,8	53800	16701	37099	3,22	222,1
P ₉₀ N ₉₀	6,7	73700	21383	52317	3,45	244,7
N ₃₀	1,8	19800	2341	17459	8,46	745,8
Веховская						
P ₆₀	3,3	36300	4891	31409	7,42	642,1
P ₉₀	7,0	77000	7337	69663	10,49	949,5
P ₁₂₀	7,1	78100	9783	68317	7,98	698,4
P ₁₅₀	8,1	89100	12228	76872	7,29	628,6
P ₉₀ N ₃₀	8,0	88000	9678	78322	9,09	809,3
P ₉₀ N ₆₀	8,3	91300	16701	74599	5,47	446,7
P ₉₀ N ₉₀	9,7	106700	21383	85317	4,99	399,0
N ₃₀	1,3	14300	2341	11959	6,11	510,8
Viceroy						
P ₆₀	4,9	53900	4891	49009	11,02	1002,0
P ₉₀	6,7	73700	7337	66363	10,05	904,5
P ₁₂₀	9,8	107800	9783	98017	11,02	1002,0
P ₁₅₀	9,5	104500	12228	92272	8,55	754,6
P ₉₀ N ₃₀	11,3	124300	9678	114622	12,84	1184,4
P ₉₀ N ₆₀	11,2	123200	16701	106499	7,38	637,7
P ₉₀ N ₉₀	12,0	13200	21383	-8183	0,62	-38,3
N ₃₀	1,8	19800	2341	17459	8,46	745,8
2020 год						
Крапинка						
P ₆₀	3,2	41600	4891	36709	8,50	750,5
P ₉₀	6,0	78000	7337	70663	10,63	963,1
P ₁₂₀	8,4	109200	9783	99417	11,16	1016,3
P ₁₅₀	6,1	79300	12228	67072	6,48	548,5
P ₁₈₀	3,6	46800	14674	32126	3,19	218,9
P ₉₀ N ₃₀	8,7	113100	9678	103422	11,69	1068,6

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7
P ₉₀ N ₆₀	7,8	101400	16701	84699	6,07	507,1
P ₉₀ N ₉₀	6,2	80600	21383	59217	3,77	276,9
N ₃₀	3,5	45500	2341	43159	19,44	1843,6
Веховская						
P ₆₀	3,2	41600	4891	36709	8,50	750,5
P ₉₀	5,4	70200	7337	62863	9,57	856,8
P ₁₂₀	8,5	110500	9783	100717	11,30	1029,6
P ₁₅₀	7,6	98800	12228	86572	8,08	708,0
P ₁₈₀	6,7	87100	14674	72426	5,94	493,6
P ₉₀ N ₃₀	6,7	87100	9678	77422	9,00	800,0
P ₉₀ N ₆₀	9,2	119600	16701	102899	7,16	616,1
P ₉₀ N ₉₀	7,5	97500	21383	76117	4,56	356,0
N ₃₀	3,0	39000	2341	36659	16,66	1565,9
Viceroy						
P ₆₀	7,1	92300	4891	87409	18,87	1787,0
P ₉₀	8,6	111800	7337	104463	15,24	1423,8
P ₁₂₀	11,2	145600	9783	135817	14,88	1388,4
P ₁₅₀	9,3	120900	12228	108672	9,89	888,7
P ₁₈₀	9,0	117000	14674	102326	7,97	697,3
P ₉₀ N ₃₀	10,6	137800	9678	128122	14,24	1323,8
P ₉₀ N ₆₀	6,2	80600	16701	63899	4,83	382,6
P ₉₀ N ₉₀	5,1	66300	21383	44917	3,10	210,1
N ₃₀	1,8	23400	2341	21059	10,00	899,6

Расчет экономической эффективности оптимизации питания чечевицы с учетом последствий минеральных удобрений показывает долгосрочную перспективу получения высокого чистого дохода, с полной окупаемостью затрат в год внесения.

Так, самый высокий чистый доход и окупаемость затрат были получены в 2020 году по варианту P₁₂₀ с содержанием 26,7-28,6 мг P₂O₅/кг почвы, обеспечившему наибольшую прибавку урожая. С учетом последствий чистый доход по сорту «Веховская» составил – 100717 тг/га, при окупаемости – 11,3 тг, по сорту «Viceroy» – 135817 тг, при окупаемости – 14,88 тг, по сорту «Крапинка» – 99417 тг и окупаемостью – 11,16 тг [184, с. 44].

Таблица – 23 Сравнение результатов экономической эффективности применения удобрений в год внесения и с учетом последствий

Внесено, кг д.в.	Чистый доход, тг/га					
	2018 год			2020 год		
	в год внесения	с учетом последствий	±	в год внесения	с учетом последствий	±
1	2	3	4	5	6	7
Крапинка						
P ₁₂₀	22470	51817	+29347	70070	99417	+29347

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6	7
P ₉₀ N ₃₀	22998	52032	+29034	74388	103422	+29034
Веховская						
P ₁₂₀	38970	68317	+29347	71317	100717	+29400
P ₉₀ N ₆₀	43224	74599	+31375	71524	102899	+31375
Viceroy						
P ₁₂₀	68670	98017	+29347	106470	135817	+29347
P ₉₀ N ₃₀	85588	114622	+29034	99088	128122	+29034

В соответствии с таблицей 23, сравнение экономической эффективности применения удобрений в год внесения и последствий показал, что эффект от внесенных удобрений с учетом последствий может превышать 30 тыс. тг и более.

Таким образом, наиболее экономически эффективным для возделывания оказался сорт «Веховская», отличавшийся большей продуктивностью. По отзывчивости на внесение удобрений лучшим был «Viceroy». Сорт «Крапинка» уступал по продуктивности и отзывчивости на удобрения.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что самыми перспективными сортами чечевицы для возделывания в условиях сухо-степной зоны Северного Казахстана являются сорта «Веховская» и «Viceroy».

Установленные для сортов чечевицы оптимальные уровни содержания азота и фосфора в почве позволяют предельно точно рассчитать дозы удобрений, используя формулы оптимизации Черненко В.Г.

Данная методика высокоточная, и позволяет доводить содержание элементов питания в почве до оптимального уровня, тем самым способствует реализации потенциальной продуктивности сортов чечевицы и формирует максимально возможную урожайность в складывающихся условиях увлажнения, при гарантии экологической безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в 2018-2020 гг. на темно-каштановых почвах сухо-степной зоны Северного-Казахстана по разработке приемов управления плодородием почв, обеспечивающие реализацию потенциальной продуктивности чечевицы на основе определения оптимальных агрохимических свойств почв и способов их достижения, позволяют сделать следующие **заклучения:**

1. Годы исследований отличались, прежде всего, по гидротермическому режиму, количеству и характеру распределения осадков. Относительно благоприятными по совокупности факторов были 2018 и 2020 гг. 2019 год характеризовался острой засухой. В период вегетации, при избытке тепла и остром дефиците влаги: за вегетационный период (май-август) выпало всего 56,9 мм, при среднемноголетней 165 мм. Запасы продуктивной влаги в метровом профиле к фазе цветения сократились со 149 мм до 55-72 мм, а в слое 0-20 см составляли 1,2-3,6 мм. В этих условиях чечевица уже в конце июля прекратила вегетацию. Этим объясняется очень низкая продуктивность (1,8-3,8 ц/га) и эффективность удобрений (+0,4–1 ц/га).

2. Исследования 2018, 2020 гг. показали, что продуктивность сортов чечевицы определялась гидротермическим режимом в период вегетации и исходным содержанием фосфора и азота в почве. Различные сорта чечевицы отличались по интенсивности развития и формированию продуктивности. Наиболее продуктивным оказался сорт «Веховская». Средняя урожайность за 2018, 2020 гг. составила 24,4 ц/га, на втором месте «Viceroy» 22,8 ц/га и на последнем «Крапинка» 18 ц/га. На удобрения более отзывчив сорт «Viceroy», а по засухоустойчивости сорт «Крапинка».

3. Удобрения повышали не только продуктивность, но и качество семян. Наиболее существенное влияние на содержание белка оказали азотные удобрения и особенно гидротермический режим вегетационного периода. В острозасушливом 2019 году содержание белка в зерне было на 2% выше по сравнению с другими годами.

4. Между содержанием элементов в почве и продуктивностью сортов установлена высокая связь. Методом корреляционно-регрессионного анализа определены оптимальные уровни содержания P_2O_5 , обеспечившие получение максимальной продуктивности: для сорта «Веховская» и «Viceroy» оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в почве 28 мг P_2O_5 /кг почвы, для сорта «Крапинка» 26 мг/кг почвы. По азоту оптимальный уровень содержания $N-NO_3$ в слое 0-40 см находится: для сорта «Веховская» в пределах 15-17 мг/кг почвы, для сорта «Viceroy» и «Крапинка» – 13-15 мг/кг почвы.

5. Определение оптимальных уровней для сортов чечевицы, используя формулы оптимизации В.Г. Черненко, позволят целенаправленно управлять эффективным плодородием почв:

– по азоту:

$$D_{N(\text{Крапинка})} = (12 - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \cdot P_{\text{кувл}},$$

$$D_{N(\text{Веховская})} = (15 - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \cdot P_{\text{кувл}},$$

$$D_{N(\text{Viceroy})} = (13 - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \cdot P_{\text{кувл}},$$

по фосфору:

$$D_{P(\text{Крапинка})} = (26 - P_{\text{факт}}) * 10,$$

$$D_{P(\text{Веховская})} = (28 - P_{\text{факт}}) * 10,$$

$$D_{P(\text{Viceroy})} = (28 - P_{\text{факт}}) * 10,$$

где 7,5 и 10 – эквивалент затрат кг д.в. удобрений на увеличение на 1 мг/кг элемента в почве.

Расчет дозы по формулам позволяет довести содержание азота и фосфора до оптимального уровня и реализовать потенциальные возможности культуры и каждого ее сорта.

Дозы удобрений, обеспечившие доведение содержания азота и фосфора до оптимального уровня в год внесения, показывали высокий чистый доход и покрывало все затраты на их внесение.

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать вывод, что предложенный метод управления плодородием почв и оптимизации питания чечевицы обеспечивает реализацию потенциала продуктивности культур и получение максимальной урожайности при высокой окупаемости затрат. Предложенный метод позволяет исключить непроизводительный расход удобрений, гарантирует их высокую эффективность и экологическую безопасность.

6. Исследования показали, что наиболее перспективными для условий Северного Казахстана являются сорта «Веховская» и «Viceroy».

Рекомендации производству

Проведенные комплексные исследования по изучению плодородия почв и вопросов минерального питания и удобрения чечевицы позволяют рекомендовать производству:

1. Расширить посеы чечевицы, как высокобелковой культуры, которая позволит диверсифицировать зерновое производство.

2. В условиях дефицита элементов питания в почве для получения высоких урожаев чечевицы необходимо применять азотные и фосфорные удобрения.

3. Оптимальные уровни обеспеченности почв основными элементами питания для чечевицы сорта «Крапинка» 12-15 мг N-NO₃/кг и 25-27 мг P₂O₅/кг, «Веховская» 15-17 мг N-NO₃/кг и 28 мг P₂O₅/кг, «Viceroy» 13-15 мг N-NO₃/кг и 28-30 мг P₂O₅/кг.

4. Зная потребность чечевицы, ее сортов в элементах питания, для оптимизации питания и реализации потенциальной продуктивности рекомендуется использовать формулы оптимизации, используя наименьшие показатели оптимального значения:

– по азоту:

$$D_{N(\text{Веховская})} = (15 - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \cdot P_{\text{кувл}},$$

$$D_{N(\text{Viceroy})} = (13 - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \cdot P_{\text{кувл}},$$

$$D_{N(\text{Крапинка})} = (12 - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \cdot P_{\text{кувл}},$$

где 12-15 – оптимальный уровень азота для сортов чечевицы;
 Nфакт – фактическое содержание азота в почве;
 7,5 – эквивалент кг удобрений в д.в. на 1 мг дефицита N-NO₃;
 ПКувл. – поправочный коэффициент на увлажнение.
 – по фосфору:

$$D_{P(\text{Веховская})} = (28 - P_{\text{факт}}) * 10,$$

$$D_{P(\text{Viceroy})} = (28 - P_{\text{факт}}) * 10,$$

$$D_{P(\text{Крапинка})} = (26 - P_{\text{факт}}) * 10,$$

где 26-28 – оптимальный уровень фосфора для сортов чечевицы;
 Pфакт – фактическое содержание фосфора в почве;
 10 – эквивалент кг удобрений в д.в. на 1 мг P₂O₅;

Разработанные приемы управления плодородием почв позволяют реализовать потенциальные возможности сортов чечевицы и формировать максимально возможный в складывающихся условиях увлажнения урожай высокого качества, при гарантии высокой окупаемости затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Программа по развитию агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2013-2020 годы. (АГРОБИЗНЕС – 2020) // http://kaf.kz/download/dev_apk_2020.pdf/. 04.09.2020.
- 2 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2030 годы: утв. 30 декабря 2021 года, №960 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000960>. 10.10.2022.
- 3 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы: утв. 12 июля 2018 года, №423 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000423> 10.10.2021.
- 4 Национальный проект по развитию агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2025 годы // <https://primeminister.kz/ru/nationalprojects/nacionalnyu-proekt-po-razvitiyu-agropromyshlennogo>. 12.10.2021.
- 5 Adsule R.N., Kadam S.S., Leung H.K. Lentil // In book: Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization. – Florida: CRC Press, 1989. – Vol. 2. – P. 133-152.
- 6 Shekib L.A., Zoueil M.E., Youssef M.M. et al. Amino acid composition and In vitro digestibility of lentil and rice proteins and their mixture (Koshary) // Food Chemistry. – 1986. – Vol. 20. – P. 61-67.
- 7 Аринов К.К., Мусынов К.М., Апушев А.К. и др. Растениеводство. – Астана: Фолиант, 2016. – 584 с.
- 8 Коноплев Ю.И. Влияние биологических и агротехнических факторов на формирование продукционного процесса и повышение урожайности семян новых сортов чечевицы: автореф. ... канд. с/х наук: 06.01.09. – Орел, 2004. – 22 с.
- 9 Леонтьев В.М. Чечевица. – Л.: Колос, 1966. – 178 с.
- 10 Gahoonia T.S., Nielsen N.E. The effect of root induced pH changes on the depletion of inorganic and organic phosphorus in the rhizosphere // Plant and Soil. – 1992. – Vol. 143. – P. 185-191.
- 11 Stagnari F., Maggio A., Galieni A., Pisante M. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview // Chem. Biol. Technol. Agric. –2017. – Vol. 4, №2. – P. 1-13.
- 12 Williams P.C., Erskine W., Singh U. Lentil processing // Lens Newsletter. – 1993. – Vol. 20. – P. 3-13.
- 13 FAO Stat statistical database / Food and Agriculture Organization of the United Nations // <http://faostat.fao.org>. 10.11. 2022.
- 14 Ятчук П.В. Современное состояние производства чечевицы // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №4(28). – С. 110-113.
- 15 Janzen J.P., Brester G.W., Smith V.H. Lentils: Trends in Production, Trade, and Price // Agricultural Marketing. – 2014. – Vol. 61. – P. 1-6.
- 16 National Agriculture Statistics Service (NASS) // https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/index.php?sector= CROPS. 19.08.2022.

17 Bejiga G., Degago Y. Region 4: Sub-Sahara Africa // Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century: proceed. of the 3rd internat. Food Legumes Research conf. – Boston, 2000. – P. 99-100.

18 Науменко Т.С., Грядунова Н.В., Науменко В.В. Чечевица – ценная зернобобовая культура // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №2(14). – С. 42-45.

19 Посевные площади, валовые сборы и урожайность чечевицы в России: итоги 2018 года // <https://agrovesti.net/lib/industries/beans/posevnye>. 20.10.2019.

20 Казахстан увеличит производство чечевицы и всё отправит на экспорт 2017 // <https://informburo.kz/novosti/kazahstan-uvelichit-proizvodstvo>. 16.11.2018.

21 Гаврик Н. Казахстан: рынок нишевых зерновых и зернобобовых культур. Итоги сезона – 2018/19 и прогнозы на 2019/20 МГ // <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1503986>. 17.12.2019.

22 Уточненная посевная площадь основных сельскохозяйственных культур на 2020 год // <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/7>. 20.07.2021.

23 Уточненная посевная площадь основных сельскохозяйственных культур на 2021 год // <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/5>. 21.08.2022.

24 Malhi S.S., Johnston A.M., Schoenau J.J. et al. Seasonal Biomass Accumulation and Nutrient Uptake of Pea and Lentil on a Black Chernozem Soil in Saskatchewan // *Journal of Plant Nutrition*. – 2007. – Vol. 30, №5. – P. 721-737.

25 Ramírez-Ojeda A.M., Moreno-Rojas R., Cámara-Martos F. Mineral and trace element content in legumes (lentils, chickpeas and beans): Bioaccessibility and probabilistic assessment of the dietary intake // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2018. – Vol. 73. – P. 17-28.

26 Чижилова О.Г., Коршенко Л.О., Павлова М.А. Разработка композитных мучных смесей с использованием измельченных семян чечевицы // *Food Processing: Techniques and Technology*. – 2017. – Vol. 46, №3. – P. 89-95.

27 Калашникова С.В. Чечевица в ЦЧР // Актуальные проблемы развития технологии производства продуктов питания: матер. науч.-практ. конф., посв. 15-летию техн.о факультета Воронежского ГАУ им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 2008. – С. 80-81.

28 Kumar S.K., Barpete S., Kumar J. et al. Global lentil production: Constraints and strategies // *SATSA Mukhapatra – Annual Technical Issue*. – 2013. – Vol. 17. – P. 1-13.

29 Drazzo A., Turfani V., Azzini E. et al. Phenols, lignans and antioxidant properties of legume and sweet chestnut flours // *Food Chemistry*. – 2003. – Vol. 140. – P. 666-671.

30 Hu F.B. Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: An overview // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 2003. – Vol. 78. – P. 544-551.

31 Хавалойес П. Зернобобовые. Питательные зерна устойчивого будущего. – Рим: ФАО, 2016. – 196 с.

32 Nygaard D.F., Hawtin G.C. Production, trade and uses. Lentils // In book: *Commonwealth Agricultural Bureau*. – Slough, UK, 1981. – P. 7-13.

33 Jenner A. *The Amazing Legumes*. – Regina, Saskatchewan, 1985. – 136 p.

- 34 Legumbres // <http://www.mercasaediciones.es/alimentacion>. 04.04.2023.
- 35 Duke J.A. Handbook of legumes of world economic importance. – NY.: Plenum Press, 1981. – 358 p.
- 36 Farooq Z., Boye J.I. Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions // In book: Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. – London: Academic Press, 2011. – P. 283-324.
- 37 Rathod R.P., Annapure U.S. Physicochemical properties, protein and starch digestibility of lentil // LWT-Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 80. – P. 121-130.
- 38 Turfani V., Narducci V., Durazzo A. et al. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours // LWT-Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 78. – P. 361-366.
- 39 Hermansson A.M. Protein functionality and its relation to food microstructure // Plant Foods for Human Nutrition. – 1983. – Vol. 32. – P. 369-388.
- 40 Moldavan S., David G. Fertilization effect concerning the yield and quality indicators for *Lens Culinaris* L. Research // Journal of Agricultural Science. – 2010. – Vol. 42, №4. – P. 110-112.
- 41 Key D.E. Food legumes. – London: Tropical Products Institute, 1979. – 435 p.
- 42 Jezierny D., Mosenthin R., Bauer E. The use of grain legumes as A protein source in pig nutrition: a review // Anim. Feed Sci. Technol. – 2010. – Vol. 157. – P. 111-128.
- 43 Saxena M.C., Hawtin G.C. Morphology and growth patterns // In book: Lentils. – Aleppo, 1981. – Vol. 2. – P. 39-52.
- 44 Azam F., Farooq S. An appraisal of methods for measuring symbiotic nitrogen fixation in legumes // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2003. – Vol. 6. – P. 1631-1640.
- 45 McNeil D.L., Materne M. Rhizobium management and nitrogen fixation lentil // In book: Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. – Dordrecht: Springer, 2007. – P. 124-143.
- 46 Кононенко С.И., Ханиева И.М., Чапаев Т.М. и др. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях предгорной зоны КБР // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №94(10). – С. 622-631.
- 47 Humphrey D.R., Cummings S.P., Andrews M. Comparison and tentative identification of Rhizobiaceae isolated from nodules of lentil grown in New Zealand and the United Kingdom // Aspects App. Bio. – 2001. – Vol. 63. – P. 101-120.
- 48 Dostalova J., Houska M., Pokorny J. Relationships between processing conditions, mechanical and textural properties of cooked lentils // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 1998. – Vol. 7. – P. 455-464.
- 49 Bhatta R.S. Relationship between physical and chemical characters and cooking quality in lentil // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1984. – Vol. 32. – P. 1161-1166.

- 50 Khan M.A., Rana I.A., Ullah I. et al. Physicochemical characters and nutrient composition of some improved lines of lentils grown in Pakistan // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 1987. – Vol. 1. – P. 65-70.
- 51 Liener I.E., Kakade M.L. Protease inhibitors // In book: *Toxic Constituents in Plant Feedstuff*. – NY.: Academic Press, 1980. – P. 7-71.
- 52 Davis K.R. Effect of processing on composition and Tetrahymena relative nutritive value on green and yellow peas, lentils and white pea beans // *Cereal Chemistry*. – 1981. – Vol. 58. – P. 454-460.
- 53 Vidal-Valverde C., Frias J. Changes in carbohydrates during germination of lentils // *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*. – 1992. – Vol. 194. – P. 461-464.
- 54 Batra V.I.P., Vasishta R., Dhindsa K.S. Effect of heat and germination on trypsin inhibitor activity in lentil and pigeon pea // *Journal of Food Science and Technology*. – 1986. – Vol. 23. – P. 260-263.
- 55 Чижикова О.Г., Павлова М.А., Коршенко Л.А. Разработка оптимальных режимов получения паст на основе семян чечевицы // *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2017. – №3. – С. 177-182.
- 56 Ladizinsky G. The origin of lentil and its wild genepool // *Euphytica*. – 1979. – Vol. 28. – P. 179-187; – 2017. – №3(43). – С. 177-182.
- 57 Leguminosae // <http://www.theplantlist.org/1.1/browse>. 20.06.2022.
- 58 Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Жеруков Б.Х. и др. *Растениеводство*. – М.: КолосС, 2007. – 612 с.
- 59 Федотов С.В. Чечевица и горох в южной лесостепи ЦЧР // В кн.: *Соя и другие бобовые культуры Центрального Черноземья*. – Воронеж, 2001. – С. 244–248.
- 60 Saxena M.C. Plant morphology, anatomy and growth habit // In book: *The lentil: botany, production and uses*. – Ed. 1st. – London, 2009. – P. 34-46.
- 61 Ханиева И.М. Симбиотическая деятельность посевов чечевицы на выщелоченных черноземах предгорной зоны КБР // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – №11, ч. 6. – С. 1197-1202.
- 62 Gahoonia T.S., Nielsen N.E. Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties // *Plant and Soil*. – 2004. – Vol. 260. – P. 47-57.
- 63 Gahoonia T.S., Ali O., Sarker A. et al. Root traits, nutrient uptake, multi-location grain yield and benefit-cost ratio of two lentil (*Lens culinaris* Medik) varieties // *Plant and soil*. – 2005. – Vol. 272. – P. 153-161.
- 64 Gahoonia T.S., Ali O., Sarker A. et al. Genetic variation in root traits and nutrient acquisition of lentil genotypes // *Journal of Plant Nutrition*. – 2006. – Vol. 29. – P. 643-655.
- 65 Sarker A., Erskine W., Singh M. Variation in shoot and root characteristics and their association with drought tolerance in lentil landraces // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2005. – Vol. 52, №1. – P. 89-97.
- 66 Галда Д.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов чечевицы на черноземе выщелоченном: дис. ... канд. с/х. наук: 06.01.04. – Ставрополь, 2018. – 169 с.

- 67 Singh S., Singh H.D., Sikka K.C. Distribution of nutrients in the anatomical parts of common Indian pulses // *Cereal Chemistry*. – 1968. – Vol. 45. – P. 13-18.
- 68 Bello-Pérez L.A., Paredes-López O. Effects of solutes on retrogradation of stored starches and amylopectins: a calorimetric study // *Starch-Stärke*. – 1995. – Vol. 47. – P. 83-86.
- 69 Bhatti T.S., Slinkard A.E., Sosulski F.W. Chemical composition and protein characteristics of lentils // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1976. – Vol. 56. – P. 787-794.
- 70 El-Nahry F.I., Mourad F.E., Khalik S.M.A. et al. Chemical composition and protein quality of lentils (*Lens*) consumed in Egypt // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 1980. – Vol. 30. – P. 87-95.
- 71 Hoover H., Hughes T., Chung H.J. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review // *Food Research International*. – 2010. – Vol. 43. – P. 399-413.
- 72 Hoover R., Sosulski F.W. Composition, structure, functionality, and chemical modification of legume starches: A review // *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. – 1991. – Vol. 69. – P. 79-92.
- 73 Леонтьев В.М. Чечевица. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 182 с.
- 74 Дмитриева Е.А., Ульянова В.И., Алешин С.О. и др. Морфологические особенности растений чечевицы обыкновенной у разных по продуктивности сортов // *Актуальность идей В.Н. Хитрово в исследовании биоразнообразия России: сб. ст.* – Орел, 2014. – С. 214-220.
- 75 Барулина Е.И. Чечевица СССР и других стран: ботанико-агрономическая монография. – Л., 1930. – 319 с.
- 76 Лавренко С.О., Гридякина А.Н. Урожайность зерна и эффективность использования влаги растениями чечевицы в зависимости от сроков посева в условиях юга Украины // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. – 2014. – №56-2. – С. 31-36.
- 77 Messina C.D., Sinclair T.R., Hammer G.L. et al. Limited-transpiration trait may increase maize drought tolerance in the US // *Corn Belt. Agron J.* – 2015. – Vol. 107. – P. 1978-1986.
- 78 Ratnakumar P., Vadez V., Nigam S.N. et al. Assessment of transpiration efficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under drought by lysimetric system // *Plant Biol.* – 2009. – Vol. 11. – P. 124-130.
- 79 Vadez V., Berger J.D., Warkentin T. et al. Adaptation of grain legumes to climate change: a review // *Agron Sustain Dev.* – 2012. – Vol. 32(1). – P. 31-44.
- 80 Leport L., Turner N.C., French R.J. et al. Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment // *Eur. J. Agron.* – 1998. – Vol. 9(4). – P. 295-303.
- 81 Siddique K.H.M., Regan K.L., Tennant D. et al. Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean type environments // *Eur. J. Agron.* – 2001. – Vol. 15. – P. 267-280.

82 Ghanem M.E., Marrou H., Biradar Ch. et al. Production potential of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in East Africa // *Agricultural Systems*. – 2015. – Vol. 137. – P. 24-38.

83 Гаврилов А.А., Шутко А.П., Марюхина А.Г. Фитосанитарная диагностика болезней растений: учеб. пос. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – 76 с.

84 Васенина Г.Г. Агроклиматическое обоснование размещения чечевицы на европейской территории СССР // *Метеорология и гидрология*. – 1979. – №4. – С. 98-102.

85 Варлахов М.Д., Алыев А.И.-О., Коломейченко В.В. Особенности возделывания чечевицы в условиях среднерусской лесостепи // *Аграрная наука*. – 1998. – №5. – С. 19.

86 Канукова К.Р. Влияние почвенно-климатических условий на показатели симбиотической деятельности семян чечевицы // *Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства*. – 2016. – Т. 1. №9. – С. 67-70.

87 Shrestha R., Siddique K.H.M., Turner D.W. et al. Breeding and management to minimize the effects of drought and improve water use efficiency // In book: *The lentil: botany, production and uses*. – Ed. 1st. – London, UK: CABI Publishing, 2009. – P. 172-193.

88 Shrestha R., Turner N.C., Siddique K.H.M. et al. Physiological and seed yield responses to water deficits among lentil genotypes from diverse origins // *Aust. J. Agric. Res.* – 2006. – Vol. 57(8). – P. 903-915.

89 Erskine W., Tufail M., Russell A. et al. Current and future strategies in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stresses // *Euphytica*. – 1994. – Vol. 73. – P. 127-135.

90 Zhang H., Pala M., Oweis T. et al. Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment // *Aust. J. Agric. Res.* – 2000. – Vol. 5. – P. 295-304.

91 Siddique K.H.M., Loss S.P., Thomson B.D. et al. Cool season grain legumes in dryland Mediterranean environments of Western Australia: significance of early flowering // In book: *Management of agricultural drought: agronomic and genetic options*. – Enfield: Science Publishers Inc., 2003. – P. 151-161.

92 Silim S.N., Saxena M.C., Erskine W. Adaptation of lentil to the Mediterranean environment. 2. Response to moisture supply // *Exp. Agric.* – 1993. – Vol. 29. – P. 21-28.

93 Materne M., Siddique K.H.M. Agro-ecology and crop adaptation // In book: *The Lentil Botany, Production and Uses*. – Wallingford: CABI International, UK, 2009. – P. 47-63.

94 Васякин Н.И. Селекция зернобобовых культур в Западной Сибири: дис. док. с/х. наук: 06.01.05. – Новосибирск, 2003. – 74 с.

95 Маракаев Т.В. Взаимосвязь урожайности и элементов продуктивности чечевицы // *Вестник НГАУ*. – 2019. – №3(52). – С. 40-47.

96 Кузнецов И.С. Влияние сроков посева на урожайность чечевицы // *АгроXXI*. – 2008. – №7-9. – С.39-40.

97 Кондыков И.В., Янова А.А., Бутримова Н.А. и др. Интенсивность ростовых процессов на ранних этапах онтогенеза у контрастных по продуктивности образцов чечевицы // *Вестник ОрелГАУ*. – 2012. – №1(34). – С. 38-42.

98 Рекомендации по возделыванию чечевицы в условиях Северного Казахстана // <https://1agro.kz/wp-content/uploads/lentil>. 26.02.2021.

99 Mugwe J., Mugendi D. et al. Determinants of the Decision to Adopt Integrated Soil Fertility Management Practices by Smallholder Farmers in the Central Highlands of Kenya // *Expl. Agric.* – 2009. – Vol. 45. – P. 61-75.

100 Ghosh P.K., Bandopadhyay K.K., Misra R.K. et al. Balanced fertilization for maintaining soil health and sustainable agriculture // *Fertilizer News*. – 2004. – Vol. 49. – P. 13-35.

101 Муравин Э.А., Титова В.И. *Агрохимия*. – М.: КолосС, 2010. – 463 с.

102 Царева Л.Е. *Технология производства продукции растениеводства в условиях Алтайского края: учеб. пос.* – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 115 с.

103 Бутяйкин В.В. *Основы агрохимии*. – Саранск, 2013. – 88 с.

104 Петербургский А.В. *Агрохимия*. – Изд. 3-е, перер. и доп. – М.: Колос, 1975. – 512 с.

105 Dordas C., Sioulas C. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L) as affected by nitrogen fertilization // *Field Crops Res.* – 2009. – Vol. 110. – P. 35-43.

106 Hurek T., Van Montagu M., Kellenberger E. et al. Induction of complex intracytoplasmic membranes related to nitrogen fixation in *Azoarcus* sp. BH72 // *Mol. Microbiol.* – 1995. – Vol. 18. – P. 225-236.

107 Ma F., Ma H., Qiu H. et al. Effects of water levels and the additions of different nitrogen forms on soil net nitrogen transformation rate and N₂O emission in subtropical forest soils // *J. Appl. Ecol.* – 2015. – Vol. 26. – P. 379-387.

108 Шевцова Л.П., Дружкин А.Ф. Адаптивность и совершенствование технологии производства чечевицы тарелочной в степном // *Аграрный научный журнал*. – 2016. – №3. – С. 40-43.

109 Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. – М.: ВНИИА, 2016. – 591 с.

110 Есаулко А.Н., Галда Д.Е. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края // *Плодородие*. – 2016. – №6. – С. 21-23.

111 Singh N., Singh G. Response of lentil (*Lens culinaris* Medikus) to phosphorus-A review // *Agricultural Reviews*. – 2016. – Vol. 37, №1. – P. 27-34.

112 Singh K.K., Srinivasarao Ch., Ali M. Root growth, nodulation, grain yield, and phosphorous use efficiency of lentil as influenced by phosphorus, irrigation, and inoculation // *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* – 2005. – Vol. 36. – P. 1919-1929.

113 Vance C.P., Uhde-Stone C., Allan D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource // *New Phytol.* – 2003. – Vol. 157. – P. 423-447.

114 Maggaio A., Miyazaki S., Veronese P. et al. Does proline accumulation play an active role in stress induced growth reduction? // *Plant J.* – 2002. – Vol. 31. – P. 699-712.

115 Sarker B.C., Karmoker J.L. Effects of phosphorus deficiency on accumulation of biochemical compounds in lentil (*Lens culinaris* Medik.) // *Bangladesh J. Bot.* – 2011. – Vol. 40. – P. 23-27.

116 Effect of phosphorus deficiency on growth and transport of K^+ , Na^+ , Cl^- , NO_3^- in lentil seedling (*lens culinaris* medik. Var. Barimasur-4) // *Dhaka Univ. J. Biol. Sci.* – 2011. – Vol. 20. – P. 103-108.

117 Hart A.L. Nodule phosphorus and nodule activity in white clover // *N. Z. J. Agri. Res.* – 1989. – Vol. 32. – P. 145-149.

118 Mosali J., Desta K., Roger K.T. et al. Effect of foliar application of phosphorus on winter wheat grain yield, phosphorus uptake and use efficiency // *J. Plant Nutrition.* – 2006. – Vol. 29. – P. 2147-2163.

119 Щевчук В.Е. Инокуляция бобовых растений и биологическая фиксация азота атмосферы // *Известия Иркутского с.-х. института.* – 1962. – Т. 2, №19. – С. 343-370.

120 Ратнер Е.И. О роли транспирации в поглощении минеральных веществ растений в связи с культурой засоленных почв // *Изд. АНССР.* – 1965. – №5. – С. 17.

121 Марнауза А.А. Влияние азотного и калийного питания кормовых бобов на эффективность их симбиоза с клубеньковыми бактериями: автореф. ... канд. с.-х. наук: – Елгава, 1966. – 26 с.

122 Агафонов Е.В., Каменев Р.А. Калийный режим чернозема южного и урожайность культур в звене севооборота при внесении куриного помета // *Проблемы агрохимии и экологии.* – 2017. – №1. – С. 3-10.

123 Громько и др. Агрохимические свойства почвы Целинного края и применение удобрений // *Известия ТСХА.* – 1964. – Т. 1. – С. 15-21.

124 Черненко В.Г. Теоретические основы оптимизации и диагностики минерального питания зерновых культур в сухостепной зоне Северного Казахстана: автореф. ... док. с/х. наук: 06.01.04. – Омск, 1993. – 56 с.

125 Пивоваров В.Ф., Балашова Н.Н., Балашова И.Т. Перспективы развития приоритетных направлений в селекции и семеноводстве овощных культур // *С.-х. биология.* – 2003. – №3. – С. 3-10.

126 Кузнецов И.С. Продуктивность и качество чечевицы в зависимости от фона минерального питания // *Агро XXI.* – 2006. – №1-3. – С. 40-42.

127 Кузнецов И.С., Абросимов А.А. Влияние предшественника, минерального удобрения и обработки семян жидкими удобрительно-стимулирующими составами на урожайность чечевицы // *Агро XXI.* – 2006. – №4-6. – С. 34-36.

- 128 Шеуджен А.Х. Агрохимия. – Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ», 2017. – Ч. 5. – 860 с.
- 129 Aktas M. Plant nutrition and soil productivity. – Ankara: Univ. Agricultural Fac, 1994. – 395 p.
- 130 Aydeniz A. Soil Amendment. – Ankara: Univ. Agricultural Fac, 1985. – 263 p.
- 131 Удобрение зернобобовых культур // <https://myzooplanet.ru/agrohimiya-agropochvovedenie-knigi/udobrenie-zernobobovyih-kultur-13715.html>. 23.05.2023.
- 132 Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия. – М.: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
- 133 Vinod K., Rawat A.K., Rao D.L.N. Influence on soil carbon and nitrogen content in vertisols of Madhya Pradesh under different crop rotation // Q. Res. J. Plant Anim. Sci. – 2016. – Vol. 31. – P. 108-113.
- 134 Hocking M.D., Reynolds J.D. Nitrogen uptake by plants subsidized by Pacific salmon carcasses: A hierarchical experiment // Can. J. For. Res. – 2012. – Vol. 42. – P. 908-917.
- 135 Van Kessel C., Hartley C. Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation? // Field Crops Res. – 2000. – Vol. 65. – P. 165-181.
- 136 Volpe V., Giovannetti M., Sun X.-G. et al. The phosphate transporters LjPT4 and MtPT4 mediate early root responses to phosphate status in non mycorrhizal roots // Plant Cell Environ. – 2016. – Vol. 39. – P. 660-671.
- 137 Beck D.P., Wery J., Saxena M.C. et al. Dinitrogen fixation and nitrogen balance in cool-season food legumes // Agron J. – 1991. – Vol. 83. – P. 334-341.
- 138 Данилов А.Н., Летучий А.В., Пимонов К.И. Агрохимическая оценка применения удобрений при возделывании усатых форм гороха // Аграрный научный журнал. – 2015. – №11. – С. 6-9.
- 139 Пимонов К.И., Ионов Д.Ф. Продуктивность нута, возделываемого после озимой пшеницы в приазовской зоне Ростовской области // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: матер. всерос. науч.-практ. конф. – Персиановка, 2017. – С. 122-125.
- 140 Агафонов Е.В., Воронин С.Н., Агафонов Л.Н. Эффективность азотных удобрений на горохе // Удобрения в системе интенсивного земледелия Ростовской области: сб. науч. тр. – Персиановка, 1992. – С. 13-19.
- 141 Chien S.H., Teixeira L.A., Cantarella H. et al. Agronomic effectiveness of granular nitrogen/phosphorus fertilizers containing elemental sulfur with and without ammonium sulfate: A Review // Agron. J. – 2016. – Vol. 108. – P. 120-123.
- 142 Dobermann A., Ping J.L., Adamchuk V.I. et al. Classification of Crop Yield Variability in Irrigated Production Fields // Agron. J. – 2003. – Vol. 95. – P. 110-115.
- 143 Daniel F.B., Griffith M.B., Troyer M.E. Influences of spatial scale and soil permeability on relationships between land cover and baseflow stream nutrient concentrations // Environ. Manag. – 2010. – Vol. 45. – P. 336-350.
- 144 Matejek B., Huber C., Dannenmann M. et al. Microbial nitrogen-turnover processes within the soil profile of a nitrogen-saturated spruce forest and their relation

to the small-scale pattern of seepage-water nitrate // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* – 2010. – Vol. 173. – P. 224-236.

145 Агеев В.В., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.А. и др. Программирование урожая сельскохозйственных культур: учеб. пос. – Ставрополь: СтГАУ, 2008. – 168 с.

146 Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С. Агрохимия: учеб. пос. – Изд. 2-е, перер. и доп. – Майкоп: Афиша, 2006. – 1074 с.

147 Kaneez F., Nazir H., Pir F.A. et al. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of Lentil (*Lens culinaris*) // *Elixir Appl. Botany.* – 2013. – Vol. 57. – P. 14323-14325.

148 Dona W.H.G., Schoenau J.J., King T. Response of Soybean and Lentil to a Seed-Row Placed Starter Nitrogen-Phosphorus Fertilizer Blend in a Brown Chernozem in South-Central Saskatchewan // *American Journal of Plant Sciences.* – 2019. – Vol. 10. – P. 1813-1829.

149 Гаджиева Г.М., Даудова Р.Д. Влияние нитратных удобрений на прорастание семян чечевицы обыкновенной // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки.* – 2020. – Т. 14, №3. – С. 37-40.

150 Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М. и др. Оптимизация доз азотных и фосфорных удобрений на черноземных почвах Поволжья с различным содержанием фосфора // *Плодородие.* – 2017. – №2. – С. 8-11.

151 Chaubey S.K., Chaubey S., Dwivedi D.P. et al. Production and productivity of lentil (*lens culinaris m.*) as influenced by various levels of phosphorus and sulphur // *Agriways.* – 2017. – Vol. 7, №1. – P. 29-32.

152 Togay N., Parsak D. Performance of lentil [*lens culinaris (medic.)*] as influenced by sulphur and phosphorus fertilization // *Legume Res.* – 2014. – Vol. 37, №6. – P. 607-613.

153 Datta S.K., Sarkar M.A.R., Uddin F.M.J. Effect of variety and level of phosphorus on the yield and yield components of lentil // *Int. J. Agril. Res. Innov. & Tech.* – 2013. – Vol. 1. – P. 78-82.

154 Ali A., Ahmad B., Hussain I. et al. Effect of phosphorus and zinc on yield of lentil // *Pure and Applied Biology.* – 2017. – Vol. 6, №4. – P. 1397-1402.

155 Zafar M., Maqsood M., Ramzan Anser M. et al. Short Communication Growth and Yield of Lentil as Affected by Phosphorus // *Pakistan International journal of agriculture & biology.* – 2003. – Vol. 5, №1. – P. 98-100.

156 Balyan J.K., Singh M. Effect of seed inoculation, different levels of irrigation and phosphorus on nodulation and root growth development of lentil // *Res. Crop.* – 2005. – Vol. 6. – P. 32-34.

157 Zeidan M.S. Effect of Organic manure and Phosphorus Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Lentil Plants in Sandy Soil // *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.* – 2007. – Vol. 3, №6. – P. 748-752.

158 Niri H.H., Tobeh A., Gholipouri A. et al. Effect of nitrogen and phosphorus on yield and protein content of lentil in dryland condition // *American-Eurasian J. Agri. Environ. Sci.* – 2010. – Vol. 8. – P. 185-188.

- 159 Saxena M.C., Wassimi N. Effect of fertilizer application and inoculation on the performance of lentils and subsequent wheat crop // LENS. – 1980. – Vol. 7. – P. 52-53.
- 160 Rasheed M., Jilani G., Shah I.A. et al. Improved lentil production by utilizing genetic variability in response to phosphorus fertilization // Soil Plant Sci. – 2010. – Vol.60. – P. 485-493.
- 161 Khan H., Ahmad F., Ahmad S.Q. et al. Effect of phosphorus fertilizer on seed yield of lentil // Sarhad J. Agri. – 2006. – Vol. 22. – P. 433-436.
- 162 Карпова Л.В. Продуктивность и кормовая ценность зернобобовых культур при выращивании на разных фонах питания // Нива Поволжья. – 2010. – №3(16). – С. 22-26.
- 163 Ali-Khan S.T., Kiehn F.A. Effect of date and rate of seeding, row spacing and fenilization on lentil // Can. J. Plant Sci. – 1989. – Vol. 69. – P. 377-381.
- 164 Гладков Д.В., Шляпина М.С. Влияние минеральных удобрений на величину листовой поверхности и продуктивность чечевицы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – №43. – С. 40-43.
- 165 Петкова Д. Влияние удобрений и норм высева семян на урожай чечевицы // РЖ. – 1999. – №3. – С. 6.
- 166 Ошергина И.П., Тен Е.А. Оценка перспективных сортообразцов и линий чечевицы в условиях Северного Казахстана // Селекция и семеноводство. – 2020. – №4(94). – С. 58-62.
- 167 Кузбакова М.М., Хасанова Г.Ж., Джатаев С.А. и др. Изучение коллекционных сортообразцов чечевицы в условиях Северного Казахстана // Вестник Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2022. – №1(112). – С. 11-20.
- 168 Ошергина И.П., Тен Е.А. Анализ связей между продуктивностью, вегетационным периодом и абиотическими условиями в питомнике конкурсного сортоиспытания чечевицы // Селекция и семеноводство. – 2021. – №4(98). – С. 57-62.
- 169 Мусынов К.М., Кипшакбаева А.А., Аринов Б.К. и др. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях Северного Казахстана // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №9(155). – С. 14-18.
- 170 Гринев А. Чечевица в Северном Казахстане // Аграрные технологии. – 2018. – №3. – С. 20-23.
- 171 Зотиков В.И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №1(17). – С. 6-13.
- 172 Sekhon H.S., Dhingra K.K., Sandhu P.S. et al. Effect of time of sowing, phosphorus and herbicides on the response to Rhizobium inoculation // Lens Newsletter. – 1986. – Vol. 13, №1. – P. 11-15.

173 Kumar P., Agarwal J.P., Chandra S. Effect of inoculation, nitrogen and phosphorus fertilization on growth and yield of lentil // *Lens Newsletter*. – 1993. – Vol.20, №11. – P. 57-59.

174 Singh B., Kumar V. Effect of phosphorus and sulfur on lentil under rainfed condition // *Indian Journal of Agronomy*. – 1996. – Vol. 41. – P. 420-423.

175 Dogan Y., Togay Y., Togay N. et al. Effect of humic acid and phosphorus applications on the yield and yield components in lentil (*lens culinaris medic.*) // *Legume Res.* – 2014. – Vol. 37, №3. – P. 316-320.

176 Togay Y., Togay N., Dogan Y. Research on the effect of phosphorus and molybdenum applications on the yield and yield parameters in lentil (*Lens culinaris Medic.*) // *Afr. J. Biotec.* – 2008. – Vol. 7. – P. 1256-1260.

177 Maqsood M., Zamir M.S.I., Ali R. et al. Effect of different phosphorous levels on growth and yield performance of lentil (*Lens culinaris Medik*) // *Pakistan J. Biol. Sci.* – 2000. – Vol. 3. – P. 523-524.

178 Choubey S.K., Dwivedi V.P., Srivastava N.K. Effect of different levels of phosphorus and sulphur on growth, yield and quality of lentil (*Lens culinaris M*) // *Indian J. Sci. Res.* – 2013. – Vol. 4. – P. 149-150.

179 Yumnam T., Luikham E., Singh A.H. Influence of Phosphorus on Growth and Yield of Promising Varieties of Lentil (*Lens culinaris L. Medik*) // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. – 2018. – Vol. 7, №8. – P. 162-170.

180 Галда Д.Е., Есаулко А.Н. Урожайность и качество зерна сортов чечевицы в зависимости от определенных норм минеральных удобрений на черноземе выщелоченном // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2017. – №4(28). – С. 92-97.

181 Jood S., Bishnoi S., Sharma A. Chemical analysis and physico-chemical properties of chickpea and lentil cultivars // *Nahrung*. – 1998. – Vol. 42. – P. 71-74.

182 Jane J. Starch functionality in food processing // In book: *Starch Structure and Functionality*, Royal Society of Chemistry. – Cambridge, UK, 1997. – P. 26-35.

183 Vandemark G.J., Grusak M.A., McGee R.J. Mineral concentrations of chickpea and lentil cultivars and breeding lines grown in the U.S. Pacific Northwest // *The Crop Journal*. – 2018. – Vol. 6. – P. 253-262.

184 Разработать и внедрить приемы реализации потенциала продуктивности перспективных для сухостепной зоны казахстана сортов чечевицы, на основе определения оптимальных для них параметров агрохимических свойств почвы и способов их достижения, обеспечивающих повышение их конкурентоспособности в условиях диверсификации зернового производства: отчет о НИР (заключительный) / АО «КазАТУ им. С. Сейфуллина». – Астана, 2020. – 51 с. – Инв. №АР05133069, №ГР 0118РК00919.

185 Национальный атлас Республики Казахстан / РКФ. – Алматы, 2006. – Т. 3. – 85 с.

186 Ерохина О.Г., Кусаинова М.М., Соколов А.А. и др. Почвы Казахстана // В кн.: Республика Казахстан. – Алматы, 2006. – Т. 1. – С. 316-361.

- 187 Соколов А.А. Природные зоны Казахстана // В кн.: Агрохимическая характеристика почв СССР. – М.: Наука, 1968. – Т. 8. – С. 9-24.
- 188 Дмитриевский Ю.Д. Природно-ресурсный потенциал и природно-ресурсное районирование // Географические исследования регионального природно-ресурсного потенциала: сб. ст. – Саранск, 1991. – С. 13-20.
- 189 Редьков В.В. Почвы Казахской ССР. – Алма-Ата, 1964. – Т. 5. – 325 с.
- 190 Тюрин И.В., Кононова М.М. О новом методе определения потребности почвы в азоте // Агрохимические и биохимические работы: сб. – М., 1935. – Т. 10, вып. 4. – С. 49-56.
- 191 Байшоланов С.С. и др. Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2018. – №1(367). – С. 168-184.
- 192 Байшоланова С.С. Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: науч.-прикл. справоч. – Астана, 2017. – 133 с.
- 193 Байшоланова С.С. Агроклиматические ресурсы Костанайской области: науч.-прикл. справоч. – Астана, 2017. – 139 с.
- 194 Байшоланова С.С. Агроклиматические ресурсы Северно-Казахстанской области: науч.-прикл. справоч. – Астана, 2017. – 125 с.
- 195 Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.- Т. 1. – 808 с.
- 196 Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
- 197 Лосев А.П. Практикум по агроклиматическому обеспечению растениеводства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 243 с.
- 198 Сарсенбаев М.Х., Калдарбекова Ж.М. Испаряемость, ее определение и распределение по ландшафтным зонам Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №3. – С. 105-112.
- 199 Мудрых Н.М., Алёшин М.А. Пособие к лабораторным занятиям по агрохимии. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 52 с.
- 200 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 5-е, доп. и перер. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- 201 Меньшиков Н.Ф. и др. Эффективность применения минеральных удобрений. – М.: Колос, 1981. – 128 с.
- 202 Сорт чечевицы Крапинка // https://baraev.kz/o_centre/proekty/159-sort-chechecivycykrapinka.html. 19.05.2018.
- 203 Сорт Веховская // <https://agro-bursa.ru/gazeta/sorta-gibridy>. 01.10. 2022.
- 204 Registered Variety: CDC Viceroy (Lentil) // <https://inspection.canada.ca/active/netapp/regvar/regvare.aspx?id=3220>. 05.10.2022.
- 205 Разработать и внедрить приемы реализации потенциала продуктивности перспективных для сухостепной зоны казахстана сортов чечевицы, на основе определения оптимальных для них параметров агрохимических свойств почвы и способов их достижения, обеспечивающих повышение их конкурентоспособности в условиях диверсификации зернового

производства: отчет о НИР (промежуточный) / АО «КазАТУ им. С. Сейфуллина». – Астана, 2018. – 37 с. – Инв. №АР05133069, №ГР 0118РК00919.

206 Разработать и внедрить приемы реализации потенциала продуктивности перспективных для сухостепной зоны Казахстана сортов чечевицы, на основе определения оптимальных для них параметров агрохимических свойств почвы и способов их достижения, обеспечивающих повышение их конкурентоспособности в условиях диверсификации зернового производства: отчет о НИР (промежуточный) / АО «КазАТУ им. С. Сейфуллина». – Астана, 2019. – 44 с. – Инв. №АР05133069, №ГР 0118РК00919.

207 Галда Д.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов чечевицы на черноземе выщелоченном: дис. ... канд. с/х наук: 06.01.04. – Ставрополь. – 2018. – 169 с.

208 Куприченков М.Т. Почвы Ставрополя. – Ставрополь, 2005. – 423 с.

209 Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонов А.Ф. и др. Интенсификация производственного процесса растений. Приемы управления. – М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.

210 Агеев В.В., Подколзин А.И. Агрохимия (Южно-Российский аспект): учеб. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2005. – Т. 1. – 488 с.

211 Ратнер Е.И. О роли транспирации в поглощении минеральных веществ растений в связи с культурой засоленных почв. – М.: изд. АН СССР, 1965. – №5. – 17 с.

212 Чичкин А.П. Система удобрений и воспроизводство плодородия обыкновенных черноземов Заволжья. – М., 2001. – 257 с.

213 Кауричев И.С. и др. Почвоведение. – Изд. 4-е, перер. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.

214 Муравин Э.А., Титова В.И. Агрохимия – М.: КолосС, 2010. – 463 с.

215 Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах: монография. – Новосибирск: НГАУ, 2013. – 790 с.

216 Есаулко А.Н., Галда Д.Е. Изучение минерального питания сортов чечевицы в условиях Ставропольской возвышенности // Агрохимический вестник. – 2018. – Т. 4, №4. – С. 32-36.

217 Черненко В.Г. Азотный режим почв Северного Казахстана: учеб. пос. – Акмола: Акмолинский аграрный университет им. С. Сейфуллина, 1997. – 91 с.

218 Воронкова Н.А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №5. – С. 30-32.

219 Голосной Е.В., Агеев В.В., Подколзин А.И. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности // Агрохимический вестник. – 2013. – №2. – С. 25-27.

- 220 Возбуцкая Е.А. Химия почв. – Изд. 3. – М.: Высшая школа, 1968. – 426 с.
- 221 Громыко И.Д. Агрохимические свойства почвы Целинного края и применение удобрений // Известия ТСХА. – 1964. – Т. 1. – С. 15-21.
- 222 Сдобникова О.В., Касицкий Ю.И. Проблема фосфора в земледелии СССР и повышение эффективности фосфорных удобрений // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1977. – №10. – С. 10-19.
- 223 Сдобникова О.В. Оптимизация питания с.-х. культур в интенсивном земледелии // В кн.: Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 4-16.
- 224 Гусак В.С. Режим фосфатов в южных карбонатных черноземах Северного Казахстана: автореф. канд. с/х. наук: 532. – Харьков, 1970. – 24 с.
- 225 Рылушкин В.И., Афанасьев М.В., Черненко В.Г. Эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу на темно-каштановых почвах // Тр. ЦСХИ. – 1972. – Т. 8., вып. 5. – С. 5-24.
- 226 Ермолаев О.Т., Рудь И.Г. Использование яровой пшеницей фосфора из различных слоев обрабатываемого горизонта в условиях плоскорезной обработки почвы // Агрохимия. – 1985. – №2. – С. 16-21.
- 227 Chernenok V., Barkusky D. Diagnosis and optimization of phosphorus nutrition conditions of grain crops in Northern Kazakhstan // In book: Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia. – Cham: Springer, 2014. – P. 667-679.
- 228 Черненко В.Г. Научные основы и практические приемы управления плодородием почв и продуктивностью культур в Северном Казахстане. – Астана, 2009. – 66 с.
- 229 Черненко В.Г. О связи между фосфорным режимом почв и урожаем зерновых культур на темно-каштановых почвах Северного Казахстана // Пути повышения продуктивности земледелия и почвенного плодородия и задачи географической сети опытов с удобрениями в XI пятилетке: матер. всесоюз. науч.-техн. совещ. – М., 1980. – Ч. 2. – С. 118-120.
- 230 Черненко В.Г. Диагностические показатели условий минерального питания зерновых культур фосфором на темно-каштановых почвах Северного Казахстана // Матер. 6-го делегат. всесоюз. съезда почвоведов. – Тбилиси, 1981. – Т. 3. – С. 184-185.
- 231 Черненко В.Г. Теоретические основы оптимизации условий фосфорного питания зерновых культур // Вестник науки ААУ им. С. Сейфуллина. – 1998. – Т. 2, №2. – С. 53-57.
- 232 Соколов А.В. Зафосфачивание почв и последствие фосфорных удобрений // Агрохимия. – 1976. – №2. – С. 3-6.
- 233 Гуревич С.М., Боронина И.И., Рубан А.Ю. Влияние длительного применения удобрений на урожай культур и фосфорный режим типичного чернозема // Агрохимия. – 1978. – №5. – С. 35-39.

- 234 Рылушкин В.И., Черненко В.Г., Фомин В.А. и др. Плодородие почв Северного Казахстана и эффективность удобрений. – Алма-Ата: Кайнар, 1977. – 144 с.
- 235 Церлинг В.В. Растение рассказывает о почве. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 86 с.
- 236 Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений. – М.: Колос, 1981. – 55 с.
- 237 Жанзаков Б.Ж., Черненко В.Г., Кузданова Р.Ш. и др. Влияние условий азотного питания на продуктивность и качество чечевицы // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2022. – №2(113), ч. 1. – С. 145-154.
- 238 Жанзаков Б.Ж., Черненко В.Г. Минералды қоректену жағдайына және азот тыңайтқыштарын пайдалануына байланысты жасымықтың «Веховская» сұрыпын қара-қоңыр топырақтарда өсірудің тиімділігі // С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы(пәнаралық). – 2022. – №4(115), ч. 1. – Б. 203-214.
- 239 Жанзаков Б.Ж., Черненко В.Г. Жасымықтың «Viceroy» сортының азот тыңайтқыштарын енгізуге жауап қайтаруы // 3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация. – 2023. – №1. – Б. 103-115.
- 240 Zhanzakov B., Chernenok V., Persikova T. et al. The role of moisture conditions in the formation of yield and responsiveness of *Lens culinaris* (L.) to phosphate fertilizers // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2022. – Vol. 28, №5. – P. 783-793.
- 241 Паламарчук Г.Е. Урожай и посевные качества семян гороха при различных дозах и сроках внесения азотных удобрений на юге Украины: автореф. ... канд. с/х. наук: 06.01.09. – Херсон, 1990. – 17 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт внедрения

«Утверждаю»

Директор ТОО «Алтай Курьлыс НС»

Абенов А.А.

2023 г.



АКТ

внедрения научных результатов диссертационной работы в производственный процесс возделывания сельскохозяйственных культур

Мы, нижеподписывающиеся, директор ТОО «Алтай Курьлыс НС» Абенов А.А., заместитель директора ТОО «Алтай Курьлыс НС» Кенжебай К.Д. составили настоящий акт о том, что выявленные в результате научных исследований в рамках диссертационной работы Жанзакова Б.Ж. «Разработать приемы управления плодородием почв, обеспечивающие реализацию потенциальной продуктивности чечевицы в сухостепной зоне Северного Казахстана», оптимальные уровни обеспеченности почв основными элементами питания для чечевицы (12-15 мг N-NO₃/кг и 28-30 мг P₂O₅/кг) и рекомендуемые способы их достижения, а именно формулы оптимизации Черненко В.Г.:

по азоту:

$$D_N = (N_{\text{опт}} - N_{\text{факт}}) * 7,5 * \text{ПКувл},$$

где, N_{опт} – оптимальный уровень азота для чечевицы;

N_{факт} – фактическое содержание азота в почве;

7,5 – эквивалент кг удобрений в д.в. на 1 мг дефицита N-NO₃;

ПКувл. – поправочный коэффициент на увлажнение;

по фосфору:

$$D_P = (P_{\text{опт}} - P_{\text{факт}}) * 10,$$

где, P_{опт} – оптимальный уровень фосфора для чечевицы;

P_{факт} – фактическое содержание фосфора в почве;

10 – эквивалент кг удобрений в д.в. на 1 мг P₂O₅ в настоящий момент применяются для расчета необходимого количества удобрений при возделывании чечевицы на полях ТОО «Алтай Курьлыс НС» в Костанайской области, Аркалыкском районе.

Зам.директор ТОО «Алтай Курьлыс НС»

Кенжебай К.Д.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Содержание гумуса, Са, Mg, рН в почве

Таблица Б.1 – Содержание гумуса в почве, %

Внесено, кг д.в./га	Крапинка			Веховская			Viceroy		
	I	III	сред.	I	III	сред.	I	III	сред.
2018 год									
O	2,95	2,98	2,96	3,00	2,94	2,97	3,04	2,90	2,97
P ₁₂₀	3,05	2,94	2,99	3,01	2,93	2,97	2,97	2,91	2,94
P ₁₈₀	2,97	3,03	3,00	2,95	2,98	2,97	2,92	2,93	2,91
P ₉₀ N ₉₀	3,05	3,04	3,04	3,01	3,04	3,03	2,96	3,03	2,99
2019 год									
O	2,91	2,95	2,93	2,93	2,95	2,94	2,95	2,95	2,95
P ₁₂₀	2,90	2,90	2,90	2,92	2,92	2,92	2,95	2,95	2,95
P ₁₈₀	2,90	2,94	2,92	2,91	2,93	2,92	2,91	2,95	2,93
P ₉₀ N ₉₀	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
2020 год									
O	2,93	2,97	2,95	2,97	2,95	2,96	3,00	2,93	2,96
P ₁₂₀	2,98	2,92	2,95	2,97	2,93	2,95	2,96	2,93	2,95
P ₁₈₀	2,94	2,99	2,96	2,93	2,96	2,94	2,92	2,94	2,93
P ₉₀ N ₉₀	2,98	2,97	2,97	2,96	2,97	2,96	2,93	2,97	2,95

Таблица Б.2 – Содержание суммы поглощённых оснований, Са+Mg, мг-экв/100 г почвы

Внесено, кг д.в./га	Крапинка, годы			Веховская, годы			Viceroy, годы		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
O	26,5	22,7	24,6	26,2	23,0	24,6	26,0	23,2	24,6
P ₆₀	26,6	23,7	25,2	26,2	23,9	25,1	25,9	24,0	25,0
P ₉₀	26,4	22,7	24,6	26,0	22,6	24,3	25,6	22,5	24,1
P ₁₂₀	26,1	22,5	24,3	26,3	22,8	24,6	26,5	23,2	24,9
P ₁₅₀	26,4	23,5	25,0	26,0	23,6	24,8	25,7	23,7	24,7
P ₁₈₀	26,5	23,2	24,9	26,3	23,4	24,9	26,2	23,5	24,9
P ₉₀ N ₃₀	26,4	22,5	24,5	26,4	23,0	24,7	26,5	23,5	25,0
P ₉₀ N ₆₀	26,5	22,5	24,5	26,3	22,6	24,5	26,1	22,7	24,4
P ₉₀ N ₉₀	26,1	23,5	24,8	26,3	23,0	24,7	26,5	22,5	24,5
N ₃₀	25,8	22,7	24,3	22,8	23,1	23,0	25,6	23,5	24,6

Таблица Б.3 – Содержание Са²⁺, мг-экв/100 г почвы

Внесено, кг д.в./га	Крапинка, годы			Веховская, годы			Viceroy, годы		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O	23,0	17,5	20,3	22,9	17,1	20,0	22,8	16,7	19,8
P ₆₀	23,0	17,7	20,4	22,8	17,2	20,0	22,6	16,7	19,7
P ₉₀	22,6	18,0	20,3	22,7	17,5	20,1	22,9	17,0	20,0
P ₁₂₀	22,7	17,5	20,1	23,0	17,1	20,1	23,4	16,7	20,1
P ₁₅₀	22,8	17,7	20,3	22,8	17,1	20,0	22,8	16,7	19,8

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₁₈₀	22,7	17,5	20,1	22,6	17,2	19,9	22,6	17,0	19,8
P ₉₀ N ₃₀	22,8	17,5	20,2	22,7	17,0	19,9	22,7	16,5	19,6
P ₉₀ N ₆₀	23,4	17,5	20,5	23,0	17,2	20,1	22,7	17,0	19,9
P ₉₀ N ₉₀	22,6	17,2	19,9	22,5	17,1	19,8	22,5	17,0	19,8
N ₃₀	22,9	17,0	20,0	25,7	16,9	21,3	22,8	16,7	19,8

Таблица Б.4 – Реакция почвенной среды, pH

Внесено, кг д.в./Га	Крапинка, годы			Веховская, годы			Вицевоу, годы		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
O	8,08	8,09	8,09	8,11	8,10	8,11	8,12	8,11	8,12
P ₆₀	8,1	8,10	8,10	8,11	8,10	8,11	8,11	8,10	8,11
P ₉₀	8,07	8,10	8,09	8,13	8,11	8,12	8,15	8,12	8,14
P ₁₂₀	8,12	8,12	8,12	8,12	8,11	8,12	8,13	8,11	8,12
P ₁₅₀	8,10	8,10	8,10	8,09	8,10	8,10	8,14	8,11	8,13
P ₁₈₀	8,11	8,11	8,11	8,10	8,12	8,11	8,07	8,12	8,10
P ₉₀ N ₃₀	8,11	8,07	8,09	8,08	8,08	8,08	8,07	8,08	8,08
P ₉₀ N ₆₀	8,12	8,08	8,10	8,08	8,07	8,08	8,08	8,06	8,07
P ₉₀ N ₉₀	8,12	8,06	8,09	8,07	8,07	8,07	8,06	8,07	8,07
N ₃₀	8,11	8,07	8,09	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Содержание и динамика азота нитратов в почве в период вегетации чечевицы

Таблица В.1 – Содержание и динамика азота нитратов в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы

Слой почвы, см	Посев 15.05.2018.			Ветвление 09.06.18			Цветение 09.07.18		
	I	III	сред	I	III	сред	I	III	сред
Крапинка									
0-20	5,4	5,8	5,6	11,6	12,3	11,9	6,2	12,3	9,2
20-40	10,6	7,0	8,8	11,2	8,0	9,6	6,0	11,9	8,9
0-40	8,0	6,4	7,2	11,4	10,2	10,8	6,1	12,1	9,0
40-60	7,2	9,1	8,1	8,7	15,1	11,9	6,0	11,5	8,8
60-80	13,8	7,2	10,5	6,9	21,9	14,4	6,9	21,7	14,3
80-100	18,0	10,0	14,0	21,2	21,2	21,2	12,0	23,6	17,8
Веховская									
0-20	6,2	6,4	6,2	10,4	11,6	10,9	6,3	12,1	9,2
20-40	8,4	6,3	7,4	10,7	9,4	10,7	6,0	10,0	8,0
0-40	7,3	6,3	6,8	10,4	11,1	10,8	6,2	11,0	8,6
40-60	9,0	9,8	9,4	10,5	13,4	11,9	6,9	10,0	8,4
60-80	12,4	11,0	14,4	10,4	16,7	13,5	8,9	16,3	12,6
80-100	16,4	16,4	16,4	18,5	18,5	18,5	14,9	19,5	17,2
Viceroy									
0-20	6,9	6,9	6,9	9,2	10,9	10,0	6,5	11,9	9,2
20-40	6,3	5,6	5,9	10,2	13,5	11,8	6,0	8,1	7,0
0-40	6,6	6,2	6,4	9,5	12,0	10,8	6,3	10,0	8,2
40-60	10,8	10,6	10,7	12,3	11,8	12,0	7,9	9,5	8,7
60-80	10,9	14,8	18,3	13,8	11,5	12,6	11,0	11,0	11,0
80-100	21,2	21,2	21,2	18,6	15,9	17,2	17,8	15,5	16,6

Таблица В.2 – Содержание и динамика азота нитратов в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы, 2019 год

Слой почвы, см	До посева 02.05.2019.			Всходы 01.06.19			Ветвление 24.06.19			Цветение 17.07.19		
	I	III	сред	I	III	сред	I	III	сред	I	III	сред
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Крапинка												
0-20	12,2	10,8	11,5	13,2	10,8	12,0	16,1	15,6	15,8	6,2	6,4	6,3
20-40	7,6	9,1	8,3	10,4	10,4	10,4	14,4	10,8	12,6	6,9	6,9	6,9
0-40	9,9	9,9	9,9	11,8	10,6	11,2	15,2	13,2	14,2	6,5	6,6	6,6
40-60	9,9	12,5	11,2	10,8	12,5	11,6	13,2	11,8	12,5	10,6	9,4	10,0
60-80	5,3	12,5	8,9	7,6	12,5	10,0	9,1	9,1	9,1	6,9	7,3	7,1
80-100	7,9	7,9	7,9	6,4	8,7	7,6	8,9	8,0	8,4	3,9	4,4	4,2
Веховская												
0-20	13,1	9,8	11,4	13,6	10,3	11,9	15,9	14,6	15,3	5,5	6,1	5,8

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20-40	8,3	8,9	8,6	8,5	8,5	8,5	13,1	10,5	11,8	5,4	5,9	5,7
0-40	10,7	9,3	10,0	11,1	9,4	10,2	14,5	12,6	13,5	5,5	6,0	5,7
40-60	9,3	10,8	10,0	12,4	10,1	11,2	12,5	11,6	12,1	9,1	9,4	9,2
60-80	8,8	10,5	9,6	10,1	10,7	10,4	11,5	10,8	11,1	5,8	8,6	7,2
80-100	8,9	7,0	8,0	6,3	7,4	6,8	12,3	8,2	10,2	5,3	5,5	5,4
Viceroy												
0-20	14,0	8,8	11,4	14,0	9,8	11,9	15,7	13,7	14,7	4,9	5,9	5,4
20-40	9,1	8,7	8,9	6,7	6,7	6,7	11,8	10,3	11,0	4,0	4,9	4,4
0-40	11,6	8,8	10,2	10,3	8,2	9,3	13,8	12,0	12,9	4,4	5,4	4,9
40-60	8,6	9,1	8,9	14,0	7,8	10,9	11,8	11,4	11,6	7,6	9,5	8,5
60-80	12,3	8,5	10,4	12,6	8,9	10,8	13,9	12,5	13,2	4,6	10,0	7,3
80-100	9,9	6,1	8,0	6,1	6,1	6,1	15,7	8,4	12,1	6,6	6,6	6,6

Таблица В.3 – Содержание и динамика азота нитратов в почве в период вегетации чечевицы 2020 год, мг/кг почвы

Слой почвы, см	Посева 20.05.20			Всходы 02.06.20			Ветвление 17.06.20			Цветение 13.07.20		
	I	III	ср	I	III	ср	I	III	ср	I	III	ср
Крапинка												
0-20	6,8	6,8	6,8	11,2	8,1	9,7	10,3	11,0	10,6	5,2	8,5	6,9
20-40	5,2	5,5	5,4	7,5	6,7	7,1	7,4	8,0	7,7	10,0	8,7	9,4
0-40	6,0	6,15	6,1	9,4	7,4	8,4	8,8	9,5	9,2	7,6	8,6	8,1
40-60	3,5	3,5	3,5	4,8	5,4	5,1	4,3	5,1	4,7	3,2	4,8	4,0
60-80	2,5	2,9	2,7	3,6	4,1	3,9	2,8	3,5	3,1	3,8	4,5	4,2
80-100	2,2	3,0	2,6	4,5	2,7	3,6	2,35	2,5	2,4	2,0	3,1	2,6
Веховская												
0-20	6,9	6,7	6,8	10,1	9,1	9,6	11,7	12,4	12,0	6,3	9,2	7,7
20-40	4,7	4,8	4,7	7,1	7,8	7,4	7,0	7,4	7,2	10,0	9,6	9,8
0-40	5,8	5,7	5,7	8,6	8,4	8,5	9,3	9,9	9,6	8,1	9,4	8,7
40-60	3,2	3,2	3,2	4,9	6,1	5,5	4,3	4,6	4,4	4,2	4,2	4,2
60-80	2,8	2,9	2,8	5,4	5,4	5,4	3,2	3,2	3,2	4,4	3,8	4,1
80-100	2,7	2,9	2,8	4,8	5,0	4,9	2,5	2,7	2,6	2,3	2,9	2,6
Viceroy												
0-20	6,9	6,5	6,7	9,1	10,1	9,6	13,1	13,8	13,4	7,3	9,8	8,6
20-40	4,2	4,0	4,1	6,7	8,9	7,8	6,7	6,9	6,8	9,9	10,5	10,2
0-40	5,6	5,3	5,4	7,9	9,5	8,7	9,9	10,3	10,1	8,6	10,1	9,4
40-60	2,8	2,8	2,8	5,0	6,9	6,0	4,3	4,0	4,2	5,2	3,6	4,4
60-80	3,0	2,8	2,9	7,2	6,7	6,9	3,5	3,0	3,3	4,9	3,1	4,0
80-100	3,2	2,8	3,0	5,0	7,2	6,1	2,7	2,9	2,8	2,6	2,7	2,6

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом сортов чечевицы

Таблица Г.1 – Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом сортов чечевицы, мг/кг почвы, 2018 год

Внесено, кг д.в./га	Слой почвы, см	Крапинка			Веховская			Viceroy		
		I	III	Сред.	I	III	Сред	I	III	Сред.
O	0-20	9,1	8,9	9,0	9,0	8,0	8,0	8,0	7,3	7,6
	20-40	10,8	8,3	9,5	9,0	9,0	9,0	6,2	8,8	7,4
	0-40	10,0	8,6	9,3	9,0	9,0	9,0	7,1	8,0	7,6
P ₆₀	0-20	9,4	8,1	8,8	9,1	9,0	9,1	8,8	9,8	9,3
	20-40	8,1	9,6	8,9	8,2	9,3	8,8	8,3	8,4	8,4
	0-40	8,8	8,8	8,8	8,7	9,0	8,9	8,5	9,1	8,8
P ₉₀	0-20	11,6	7,8	9,7	10,3	8,9	9,6	8,9	10,0	9,4
	20-40	8,7	11,3	10,0	9,2	10,3	9,8	9,6	8,9	9,2
	0-40	10,1	9,5	9,8	9,7	9,5	9,6	9,3	9,5	9,4
P ₁₂₀	0-20	11,8	11,5	11,6	10,1	12,0	11,1	8,3	12,4	10,4
	20-40	11,5	13,8	12,6	9,9	11,7	10,8	8,2	9,6	8,9
	0-40	11,6	12,6	12,1	10,0	11,9	10,9	8,3	11,0	9,6
P ₁₅₀	0-20	9,1	10,7	9,9	8,8	10,6	9,7	8,6	10,5	9,5
	20-40	12,9	11,2	12,0	9,9	9,5	9,7	6,9	7,9	7,4
	0-40	11,0	10,9	11,0	9,4	10,0	9,7	7,7	9,2	8,4
P ₁₈₀	0-20	12,3	11,0	11,6	11,4	11,0	11,2	10,4	11,0	10,8
	20-40	16,2	13,6	14,9	12,2	12,2	12,2	8,2	10,7	9,4
	0-40	14,2	12,3	13,2	11,8	11,6	11,7	9,3	10,9	10,1
P ₉₀ N ₃₀	0-20	15,6	21,5	18,5	14,2	17,8	16,0	12,8	14,1	13,4
	20-40	11,0	9,5	10,2	9,5	11,3	10,4	8,1	13,1	10,6
	0-40	13,3	15,5	14,4	11,8	14,5	13,2	10,4	13,6	12,0
P ₉₀ N ₆₀	0-20	21,4	32,9	27,2	19,1	26,7	22,9	16,8	20,6	18,7
	20-40	10,2	8,7	9,4	8,4	10,9	9,7	6,5	13,2	9,87
	0-40	15,8	20,8	18,3	14,6	18,8	16,7	13,4	16,9	15,5
P ₉₀ N ₉₀	0-20	32,4	39,4	35,9	26,5	33,3	29,9	20,7	27,2	23,9
	20-40	10,6	8,0	9,3	10,2	11,9	11,0	9,9	15,8	12,8
	0-40	21,5	23,7	22,6	18,4	22,6	20,5	15,3	21,5	18,4
N ₃₀	0-20	20,1	14,5	17,3	16,2	14,2	15,2	12,2	13,8	13,0
	20-40	11,2	9,7	10,4	11,1	8,9	10,0	11,1	8,2	9,6
	0-40	15,6	12,1	13,8	13,6	11,5	12,5	11,6	11,0	11,3

Таблица Г.2 – Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом сортов чечевицы, мг/кг почвы, 2019 год

Внесено кг д.в./га	Слой почвы, см	Крапинка			Веховская			Viceroy		
		I	III	Сред	I	III	Сред	I	III	Сред
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O	0-20	8,5	9,9	9,2	10,8	8,2	9,5	13,2	6,6	9,9
	20-40	8,2	7,3	7,7	7,9	8,5	8,2	7,5	9,7	8,6

Продолжение таблицы Г.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0-40	8,4	8,6	8,5	9,4	8,3	8,8	10,4	8,1	9,2
P ₆₀	0-20	10,2	9,8	10,0	9,9	9,5	9,7	9,6	9,2	9,4
	20-40	7,3	8,9	8,1	7,4	8,1	7,7	7,6	7,2	7,4
	0-40	8,7	9,4	9,0	8,6	8,8	8,7	8,6	8,2	8,4
P ₉₀	0-20	11,0	9,5	10,2	10,3	10,0	10,1	9,6	10,5	10,0
	20-40	10,0	7,0	8,5	11,6	8,7	10,1	13,2	10,0	11,6
	0-40	10,5	8,2	9,3	10,9	9,4	10,1	11,4	10,2	10,8
P ₁₂₀	0-20	11,2	11,4	11,3	11,8	10,6	11,2	12,3	9,8	11,1
	20-40	8,3	9,1	8,7	10,1	11,4	10,7	11,8	13,8	12,8
	0-40	9,8	10,2	10,0	10,9	11,0	11,0	12,1	11,8	11,9
P ₁₅₀	0-20	10,3	10,3	10,3	11,6	11,7	11,7	12,9	13,2	13,1
	20-40	11,4	8,1	9,8	13,2	9,1	11,2	15,0	10,2	12,6
	0-40	10,8	9,2	10,0	12,4	10,4	11,4	14,0	11,7	12,8
P ₁₈₀	0-20	11,5	11,5	11,5	14,3	13,1	13,7	17,2	14,6	15,9
	0-40	9,8	15,2	12,5	9,6	12,5	11,0	9,4	9,9	9,6
	0-40	10,6	13,3	12,0	12,0	12,8	12,3	13,3	12,3	12,8
P ₉₀ N ₃₀	0-20	17,0	21,0	19,0	14,4	15,8	15,1	11,8	10,6	11,2
	20-40	8,9	13,4	8,7	9,3	8,7	9,0	9,6	8,9	9,2
	0-40	13,0	14,7	13,8	11,9	12,3	12,1	10,7	9,8	10,2
P ₉₀ N ₆₀	0-20	17,8	20,0	18,7	18,3	22,6	20,5	19,1	25,2	12,1
	20-40	11,8	13,8	12,8	12,7	12,2	12,5	13,5	10,5	12,0
	0-40	14,8	16,9	15,7	15,5	17,4	16,5	16,3	17,8	17,1
P ₉₀ N ₉₀	0-20	17,4	23,6	20,5	26,8	19,0	22,9	36,2	14,5	25,4
	20-40	18,2	22,7	20,0	19,7	19,4	19,5	21,9	16,2	19,0
	0-40	17,8	23,1	20,3	23,2	19,2	21,2	29,1	15,3	22,2
N ₃₀	0-20	9,3	8,5	8,9	10,1	7,9	9,0	10,9	7,3	9,1
	20-40	16,3	16,7	16,5	14,1	16,0	15,0	11,8	15,2	13,5
	0-40	12,8	12,6	12,7	12,1	12,0	12,0	11,3	11,2	11,3

Таблица Г.3 – Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом сортов чечевицы, мг/кг почвы, 2020 год

Внесено, кг д.в./га	Слой почвы, см	Крапинка			Веховская			Viceroy		
		I	III	Сред.	I	III	Сред.	I	III	Сред.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O	0-20	9,1	10,9	10,0	10,3	11,3	10,8	11,5	11,8	11,6
	20-40	5,9	6,3	6,1	6,0	5,7	5,8	6,1	5,1	5,6
	0-40	7,5	8,6	8,0	8,2	8,5	8,3	8,8	8,4	8,6
P ₆₀	0-20	12,0	12,9	12,5	11,7	10,8	11,2	11,4	8,7	10,0
	20-40	6,3	6,4	6,3	7,9	8,6	8,2	9,6	10,7	10,1
	0-40	9,1	9,7	9,4	9,8	9,7	9,7	10,5	9,7	10,1
P ₉₀	0-20	12,5	13,8	13,1	12,8	12,0	12,4	13,2	10,2	11,7
	20-40	7,8	7,6	7,7	8,3	9,8	9,0	8,7	12,0	10,4

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0-40	10,1	10,7	10,4	10,5	10,9	10,7	11,0	11,1	11,0
P ₁₂₀	0-20	13,5	14,2	13,9	13,4	14,7	14,1	13,2	15,2	14,2
	20-40	7,6	7,6	7,6	9,2	7,5	8,4	9,9	8,4	9,2
	0-40	10,6	10,9	10,7	11,3	11,1	11,2	11,6	11,8	11,7
P ₁₅₀	0-20	14,1	15,1	14,6	14,7	13,3	14,0	13,1	15,5	14,3
	20-40	8,6	7,3	8,0	8,3	9,5	8,9	10,9	8,4	9,7
	0-40	11,4	11,2	11,3	11,5	11,4	11,5	12,0	12,0	12,0
P ₁₈₀	0-20	14,9	14,1	14,5	15,1	15,1	15,1	15,2	14,2	14,7
	20-40	8,2	9,0	8,6	9,1	9,0	9,1	9,5	10,4	10,0
	0-40	11,6	11,6	11,6	12,1	12,1	12,1	12,4	12,3	12,3
P ₉₀ N ₃₀	0-20	15,9	15,9	15,9	15,8	15,4	15,6	15,8	14,8	15,3
	20-40	8,1	8,3	8,2	10,6	11,2	10,9	13,1	14,1	13,6
	0-40	12,0	12,1	12,1	13,2	13,3	13,2	14,4	14,5	14,4
P ₉₀ N ₆₀	0-20	25,7	20,3	22,5	21,2	21,6	21,4	21,1	22,1	21,6
	20-40	7,8	13,4	10,6	13,0	13,6	13,3	16,0	14,5	15,2
	0-40	16,8	16,3	16,5	17,1	17,6	17,3	18,5	18,3	18,4
P ₉₀ N ₉₀	0-20	27,0	31,1	29,0	26,6	27,7	27,1	26,3	29,4	27,8
	20-40	12,0	13,8	12,9	15,4	15,9	15,7	18,9	14,8	16,8
	0-40	19,5	22,5	21,0	21,0	21,8	21,4	22,6	22,1	22,3
N ₃₀	0-20	14,9	16,6	15,8	17,0	15,4	16,2	19,1	14,3	16,7
	20-40	7,8	8,0	7,9	8,5	10,7	9,6	9,1	13,5	11,3
	0-40	11,4	12,3	11,8	12,7	13,1	12,9	14,1	13,9	14,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Содержание и динамика P_2O_5 в почве в период вегетации чечевицы

Таблица Д.1 – Содержание и динамика P_2O_5 в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы, 2019 год

Слой почвы, см	До посева 02.05.19			Всходы 1.06.2019			Ветвление 24.06.19			Цветение 17.07.19		
	I	III	сред	I	III	сред	I	III	сред	I	III	сред
Крапинка												
0-20	13,2	13,4	13,3	13,5	11,1	12,3	13,5	14,6	14,05	11,7	11,7	11,7
20-40	8,6	1,8	5,2	7,5	3,7	5,6	10,6	0,8	5,7	4,3	4,9	4,6
40-60	2,4	0,5	1,45	1,0	1,4	1,2	1,0	1,4	1,2	0,9	2,1	1,5
60-80	1,2	0,4	0,8	0,2	1,4	0,8	0,6	0,4	0,5	1,0	1,0	1,0
80-100	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	1,7	1,7	1,7
Веховская												
0-20	12,6	13,4	13,0	12,7	10,8	11,7	13,9	14,4	14,1	11,5	10,9	11,2
20-40	5,75	1,7	3,725	6,9	3,8	5,3	8,0	1,5	4,7	3,7	4,4	4,0
40-60	1,45	1,05	1,25	1,3	1,6	1,4	1,2	1,4	1,3	0,6	1,3	0,9
60-80	0,8	0,4	0,6	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,5	0,7	0,6
80-100	0,35	0,4	0,375	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Viceroy												
0-20	12	13,5	12,7	11,8	10,4	11,1	14,2	14,1	14,2	11,3	10,0	10,7
20-40	2,9	1,6	2,25	6,2	3,8	5,0	5,3	2,1	3,7	3,1	3,8	3,5
40-60	0,5	1,6	1,05	1,5	1,8	1,7	2,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
60-80	0,4	0,4	0,4	1,7	0,6	1,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
80-100	0,3	0,4	0,35	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Таблица Д.2 – Содержание и динамика P_2O_5 в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы, 2020 год

Слой почвы, см	До посева 13.05.20			Всходы 02.06.20			Фаза ветвление 17.06.20			Фаза цветение 13.07.20		
	I	III	ср	I	III	ср	I	III	ср	I	III	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Крапинка												
0-20	16,4	16,4	16,4	16,8	15,0	15,9	16,3	15,8	16,1	17,8	17,0	17,4
20-40	6,2	5,6	5,9	7,6	6,2	6,9	6,7	6,1	6,4	8,5	6,5	7,5
40-60	1,6	2,6	2,1	3,9	2,9	3,4	2,8	1,9	2,3	5,3	1,8	3,6
60-80	1,6	1,6	1,6	2,1	1,8	2,0	1,0	2,2	1,6	0,8	1,9	1,4
80-100	0,4	0,4	0,4	2,1	1,8	2,0	0,5	0,7	0,6	0,4	1,3	0,8
Веховская												
0-20	16,7	17,0	16,9	16,3	14,8	15,5	16,8	15,8	16,3	17,5	17,1	16,3
20-40	4,5	4,4	4,5	9,2	8,1	8,6	7,4	4,8	6,1	7,8	7,6	6,1
40-60	2,1	2,8	2,5	5,1	2,4	3,7	2,9	2,0	2,4	4,4	3,9	2,4
60-80	1,9	1,6	1,8	2,4	2,4	2,4	1,6	1,4	1,5	1,2	2,3	1,5
80-100	0,4	0,4	0,4	2,5	1,5	2,0	0,7	0,6	0,6	0,7	1,5	0,6

Viceroy												
0-20	17, 0	17,6	17,3	15,7	14,5	15,1	17,3	15,7	16,5	17,1	17,2	17,2

Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20-40	2,8	3,2	3,0	10,7	9,9	10,3	8,0	3,4	5,7	7,0	8,7	7,9
40-60	2,6	3,0	2,8	6,2	1,9	4,1	3,1	2,0	2,6	3,5	6,0	4,8
60-80	2,2	1,6	1,9	2,7	2,9	2,8	2,3	0,6	1,4	1,6	2,7	2,2
80-100	0,4	0,4	0,4	3,0	1,2	2,1	0,8	0,4	0,6	1,0	1,7	1,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е – Влияние удобрений на содержание подвижного фосфора в почве перед посевом сортов чечевицы, мг/кг почвы в слое 0-20 см, 2018-2020 гг.

Внесено, кг д.в./га	Крапинка			Веховская			Viceroy		
	I	III	сред.	I	III	сред.	I	III	сред.
2018 год									
О	11,0	11,2	11,1	10,6	10,8	10,7	10,2	10,4	10,3
P ₆₀	17,4	15,2	16,3	19,7	14,1	16,9	22,0	13,0	17,5
P ₉₀	32,6	17,2	24,9	26,0	19,4	22,7	19,4	21,6	20,5
P ₁₂₀	23,6	31,2	27,4	25,7	29,3	27,5	22,0	21,0	21,5
P ₁₅₀	25,0	37,6	31,3	34,6	28,2	31,4	35,6	35,2	35,4
P ₁₈₀	37,2	40,2	38,7	36,3	40,6	38,4	41,4	35,0	38,2
P ₉₀ N ₃₀	30,6	20,9	25,7	27,6	17,9	22,8	24,6	15,0	19,8
P ₉₀ N ₆₀	19,0	19,6	19,3	26,4	29,3	27,8	33,8	39,0	36,4
P ₉₀ N ₉₀	44,8	19,6	32,2	30,2	39,7	34,9	15,6	59,8	37,7
N ₃₀	14,8	10,8	12,8	12,7	10,5	11,6	10,6	10,2	10,4
2019 год									
О	13,5	12,0	12,8	13,9	12,0	12,9	12,0	11,6	11,8
P ₆₀	17,3	16,4	16,9	18,5	17,2	17,9	16,1	17,3	16,7
P ₉₀	20,0	19,6	19,8	19,9	19,1	19,5	19,4	21,9	20,7
P ₁₂₀	26,7	22,8	24,8	21,2	22,2	21,7	21,9	24,0	23,0
P ₁₅₀	28,9	27,4	28,1	24,6	26,1	25,4	26,8	26,8	26,8
P ₁₈₀	33,3	31,3	32,6	31,6	32,6	32,0	31,9	32,1	32,0
P ₉₀ N ₃₀	17,9	19,0	18,0	20,0	19,0	19,5	17,4	19,0	18,2
P ₉₀ N ₆₀	18,0	18,6	18,3	20,1	18,4	19,3	18,7	21,8	20,2
P ₉₀ N ₉₀	18,5	21,1	19,8	19,3	19,5	19,4	19,7	19,2	19,5
N ₃₀	12,5	8,8	10,7	11,0	12,6	11,8	10,3	10,6	10,5
2020 год									
О	15,2	15,5	15,4	15,3	15,4	15,3	15,4	15,2	15,3
P ₆₀	21,8	21,1	21,5	21,8	21,2	21,5	21,8	21,2	21,5
P ₉₀	24	24,9	24,5	24,6	25,7	25,2	25,2	26,5	25,9
P ₁₂₀	26,5	26,9	26,7	28,0	28,3	28,1	28,5	28,7	28,6
P ₁₅₀	31,0	30,6	30,8	31,4	30,9	31,1	31,8	31,1	31,5
P ₁₈₀	33,2	32,7	33,0	34,0	32,9	33,5	34,8	33,1	34,0
P ₉₀ N ₃₀	23,6	23,6	23,6	25,0	24,8	24,9	26,4	26	26,2
P ₉₀ N ₆₀	23,4	24,7	24,1	24,3	24,2	24,2	25,2	23,6	24,4
P ₉₀ N ₉₀	23,8	25,9	24,9	23,8	25,8	24,8	23,8	25,7	24,8
N ₃₀	13,9	15,9	14,9	14,4	15,4	14,9	14,9	14,9	14,9

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Содержание и динамика K_2O в почве в период вегетации чечевицы

Таблица Ж.1 – Содержание и динамика K_2O в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы, 2018 год

Слой почвы, см	Посев 15.05.18			Ветвление 9.06.18			Цветение 09.07.18		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0-20	872	802	731	809	798	786	829	812	796
20-40	552	786	467	482	543	604	598	607	616
40-60	374	324	273	275	289	303	283	294	304
60-80	428	351	274	299	274	250	307	280	253
80-100	318	322	327	272	284	296	281	312	342

Таблица Ж.2 – Содержание и динамика K_2O в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы, 2019 год

Слой почвы, см	Всходы 01.06.2019			Ветвление 24.06.2019			Цветение 17.07.2019		
	I	III	ср	I	III	ср	I	III	ср
Крапинка									
0-20	887	924	906	900	899	900	758	710	734
20-40	648	540	594	589	544	567	547	594	571
40-60	467	348	408	361	383	372	284	306	295
60-80	325	295	310	287	372	330	235	229	232
80-100	336	293	315	268	311	290	238	241	240
Веховская									
0-20	882	911	896	899	896	897	782	705	743
20-40	669	510	589	574	563	568	492	548	520
40-60	411	339	375	354	397	375	268	294	281
60-80	330	292	311	308	354	331	241	235	238
80-100	308	279	293	285	311	296	225	230	227
Viceroy									
0-20	876	898	887	897	892	895	805	700	753
20-40	689	479	584	558	582	570	436	502	469
40-60	355	330	343	346	410	378	252	281	267
60-80	335	288	312	328	336	332	246	241	244
80-100	279	265	272	302	-	302	211	219	215

Таблица Ж.3 – Содержание и динамика K_2O в почве в период вегетации чечевицы, мг/кг почвы, 2020 год

Слой почвы, см	Посев 20.05.20			Ветвление 17.06.20			Цветение 13.07.20		
	I	III	ср	I	III	ср	I	III	ср
Крапинка									
0-20	884	886	885	854	856	855	800	764	782
20-40	528	504	516	530	520	525	584	586	585
40-60	340	364	352	321	327	324	282	296	289
60-80	340	376	358	315	315	315	269	271	270
80-100	266	318	292	280	282	281	262	260	261
Веховская									
0-20	891	885	888	861	852	856	798	765	782
20-40	516	526	521	528	533	530	593	582	588
40-60	340	380	360	319	331	325	281	296	289
60-80	338	380	359	309	322	315	268	273	271
80-100	273	319	296	275	277	276	256	265	261
Viceroy									
0-20	898	884	891	867	847	857	796	766	781
20-40	504	548	526	525	545	535	602	578	590
40-60	340	396	368	317	335	326	280	296	288
60-80	336	384	360	302	328	315	267	275	271
80-100	280	320	300	270	272	271	250	270	260

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица И.1 – Влияние удобрений на содержание K_2O перед посевом сортов чечевицы в слое 0-20 см, мг/кг почвы

Внесено кг д.в./га	Крапинка			Веховская			Viceroy		
	I	III	сред.	I	III	сред.	I	III	сред.
2018 год									
О	844	836	840	836	833	834	828	830	829
P ₆₀	838	814	826	823	826	824	808	838	823
P ₉₀	854	804	829	863	846	854	872	888	880
P ₁₂₀	866	820	843	888	838	863	910	856	883
P ₁₅₀	844	800	822	856	825	840	868	850	859
P ₁₈₀	854	806	830	859	823	841	864	840	852
P ₉₀ N ₃₀	854	802	829	859	837	848	864	872	868
P ₉₀ N ₆₀	854	816	835	861	846	853	868	876	872
P ₉₀ N ₉₀	856	820	838	863	850	856	870	880	875
N ₃₀	890	820	855	871	815	843	852	810	831
2019 год									
О	955	959	957	981	974	978	953	988	971
P ₆₀	960	967	964	964	962	963	967	963	965
P ₉₀	994	944	969	993	988	986	991	989	990
P ₁₂₀	932	928	930	955	935	945	983	942	963
P ₁₅₀	952	885	919	970	909	939	987	933	960
P ₁₈₀	988	903	946	961	901	931	933	898	916
P ₉₀ N ₃₀	977	838	908	961	874	917	944	909	927
P ₉₀ N ₆₀	964	890	927	959	905	932	953	919	936
P ₉₀ N ₉₀	953	848	901	948	863	905	943	877	910
N ₃₀	956	870	913	959	881	457	962	892	977
2020 год									
О	816	828	822	808	838	824	800	848	824
P ₆₀	834	804	820	822	806	814	810	808	810
P ₉₀	822	800	812	812	822	818	802	844	824
P ₁₂₀	830	804	818	834	824	830	838	844	842
P ₁₅₀	874	800	838	864	826	844	854	850	852
P ₁₈₀	904	832	868	891	842	866	878	852	866
P ₉₀ N ₃₀	836	764	800	855	824	840	874	884	880
P ₉₀ N ₆₀	830	816	824	853	840	846	876	864	870
P ₉₀ N ₉₀	786	856	822	820	842	830	854	826	840
N ₃₀	838	822	830	838	820	828	838	816	828

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Структурный анализ чечевицы

Таблица К.1 – Структурный анализ чечевицы, в 2018 благоприятном по увлажнению году

Внесено, кг/га д.в.	Масса снопа, г/25 раст	Количество, шт/раст		Масса		Побоч ная продук ция, г	Соот ношение з/с
		ветвей	бобов	зерна, г/раст	1000 семян, г		
Крапинка							
О	26,5	5,4	11,0	0,60	39,4	11,1	1,36
P ₆₀	27,7	7,3	12,1	0,62	35,8	14,5	1,06
P ₉₀	34,5	11,6	12,4	0,72	37,2	20,0	0,90
P ₁₂₀	39,0	10,5	14,8	0,81	36,0	18,9	1,07
P ₁₅₀	34,9	7,5	13,9	0,74	36,0	16,3	1,14
P ₉₀ N ₃₀	32,6	7,5	11,3	0,67	39,0	15,8	1,06
P ₉₀ N ₆₀	34,9	8,0	12,5	0,74	36,7	16,5	1,13
P ₉₀ N ₉₀	34,2	6,0	11,7	0,76	36,3	15,0	1,27
N ₃₀	26,3	5,5	9,8	0,58	37,5	12,2	1,20
среднее	32,3	7,7	12,2	0,70	37,1	15,6	1,10
Веховская							
О	49,3	4,7	9,7	0,76	74,3	31,8	0,59
P ₆₀	64,4	4,3	13,1	0,94	71,2	40,8	0,57
P ₉₀	70,0	5,6	15,5	1,14	72,2	41,4	0,69
P ₁₂₀	62,6	4,0	11,3	0,94	72,4	39,0	0,60
P ₁₅₀	70,4	4,6	15,1	1,15	71,4	41,5	0,69
P ₉₀ N ₃₀	67,2	5,6	13,1	1,00	72,7	42,0	0,59
P ₉₀ N ₆₀	71,0	5,1	15,3	1,14	72,0	42,5	0,67
P ₉₀ N ₉₀	61,4	4,8	13,7	1,00	72,7	36,3	0,69
N ₃₀	58,8	4,3	11,3	0,78	73,1	39,4	0,49
среднее	63,9	4,8	13,1	1,00	72,4	39,4	0,6
Viceroy							
О	40,4	5,8	15,7	0,79	39,8	21,1	0,93
P ₆₀	49,2	5,6	18,2	0,95	38,2	25,4	0,93
P ₉₀	53,1	4,9	17,8	1,16	39,5	24,0	1,20
P ₁₂₀	63,3	6,6	23,2	1,32	38,3	30,2	1,09
P ₁₅₀	55,5	9,4	20,1	1,27	39,7	23,7	1,33
P ₉₀ N ₃₀	60,0	6,8	21,2	1,23	39,0	30,8	0,99
P ₉₀ N ₆₀	68,3	9,5	26,6	1,36	39,5	34,3	0,98
P ₉₀ N ₉₀	69,2	5,3	22,2	1,24	40,2	38,2	0,81
N ₃₀	54,0	5,4	20,7	1,05	40,0	27,7	0,94
среднее	57,0	6,6	20,6	1,20	39,4	28,4	1,00

Таблица К.2 – Структурный анализ чечевицы, в острозасушливый 2019 год

Внесено, кг/га д.в.	Масса снопа, г/25 раст	Количество, шт/раст		Масса		Побоч ная продук ция,г	Соот ношение з/с
		ветвей	бобов	зерна, г/раст	1000 семян, г		
Крапинка							
О	8,9	3,12	1,80	0,076	39,9	7,1	0,27
P ₆₀	15,6	3,4	2,32	0,088	40,3	13,4	0,16
P ₉₀	15,8	3,2	2,04	0,092	40,6	13,5	0,17
P ₁₂₀	20,5	4,24	2,80	0,108	40,8	17,8	0,15
P ₁₅₀	17,4	3,76	2,24	0,092	41,8	15,1	0,15
P ₁₈₀	16,0	3,44	2,08	0,112	42,5	13,2	0,21
P ₉₀ N ₃₀	16,2	3,0	2,20	0,096	41,1	13,8	0,17
P ₉₀ N ₆₀	19,1	3,76	2,60	0,108	42,3	16,4	0,16
P ₉₀ N ₉₀	21,5	4,72	2,80	0,084	42,9	19,4	0,11
N ₃₀	18,1	3,76	2,80	0,116	40,9	15,2	0,19
среднее	16,9	3,64	2,37	0,097	41,3	14,5	0,17
Веховская							
О	13,7	1,28	2,08	0,128	56,8	10,5	0,30
P ₆₀	14,9	2,12	2,48	0,132	56,5	11,6	0,28
P ₉₀	17,8	2,20	2,4	0,184	57,7	13,2	0,35
P ₁₂₀	19,4	2,28	2,6	0,200	58,2	14,4	0,35
P ₁₅₀	18,9	2,56	2,52	0,128	54,5	15,7	0,20
P ₁₈₀	23,9	3,52	3,24	0,132	57,0	18,6	0,28
P ₉₀ N ₃₀	18,1	2,16	2,48	0,192	57,7	13,3	0,36
P ₉₀ N ₆₀	16,5	2,24	2,08	0,168	56,6	12,3	0,34
P ₉₀ N ₉₀	18,8	2,2	2,6	0,14	57,4	15,3	0,23
N ₃₀	15,0	3,12	2,72	0,18	56,0	10,5	0,43
среднее	17,7	2,37	2,52	0,158	56,8	13,5	0,31
Viceroy							
О	14,8	2,12	4,12	0,152	31,2	11,0	0,12
P ₆₀	13,7	2,68	4,64	0,176	32,7	9,3	0,13
P ₉₀	15,3	3,24	4,48	0,164	33,0	11,2	0,12
P ₁₂₀	15,9	3,32	4,40	0,164	33,8	11,8	0,12
P ₁₅₀	18,1	2,56	5,16	0,184	35,0	13,5	0,13
P ₁₈₀	17,5	2,72	4,36	0,200	33,0	12,5	0,15
P ₉₀ N ₃₀	18,5	3,68	4,96	0,18	33,4	14,0	0,13
P ₉₀ N ₆₀	19,3	3,00	4,56	0,176	33,3	14,9	0,13
P ₉₀ N ₉₀	18,0	2,32	4,40	0,144	35,4	14,4	0,10
N ₃₀	14,5	2,72	4,28	0,160	33,0	10,5	0,12
среднее	16,6	2,8	4,5	0,170	33,4	12,3	0,10

Таблица К.3 – Структурный анализ чечевицы, 2020 год

Внесено, кг/га д.в.	Масса снопа, г/25 раст	Количество, шт/раст		% озерненных	Масса		Побоч ная продук ция, г	Соот ношени е з/с
		ветвей	бобов		зерна, г/раст	1000 семян, г		
Крапинка								
О	55,1	5,2	24,0	94,8	1,3	38,6	23,3	1,4
P ₆₀	64,5	6,4	38,1	97,1	1,7	36,9	22,5	1,9
P ₉₀	79,5	6,4	37,0	96,1	1,9	37,1	32,4	1,5
P ₁₂₀	95,8	6,6	43,0	94,4	2,2	37,6	39,7	1,4
P ₁₅₀	90,0	5,7	34,5	97,1	1,8	37,1	44,6	1,0
P ₁₈₀	85,3	6,3	35,3	99,2	2,0	37,1	36,6	1,3
P ₉₀ N ₃₀	95,8	7,1	43,8	94,3	2,3	37,2	39,4	1,4
P ₉₀ N ₆₀	88,9	5,8	40,4	92,8	2,0	39,3	39,0	1,3
P ₉₀ N ₉₀	85,0	4,2	33,4	96,0	2,1	38,6	33,6	1,5
N ₃₀	83,0	4,8	34,1	-	1,81	38,5	37,7	1,2
среднее	82,3	5,8	36,3	95,8	1,9	37,8	34,9	1,4
Веховская								
О	77,0	3,5	26,0	80,0	1,4	60,5	41,2	0,9
P ₆₀	86,0	3,8	28,7	81,5	1,6	61,7	46,3	0,9
P ₉₀	92,8	4,2	30,1	84,5	1,7	61,1	53,1	0,7
P ₁₂₀	114,0	4,5	33,4	86,6	1,9	63,0	67,0	0,7
P ₁₅₀	115,0	4,2	30,5	83,7	1,9	62,6	68,0	0,7
P ₁₈₀	108,0	4,4	34,7	74,0	1,9	59,7	60,2	0,8
P ₉₀ N ₃₀	108,0	5,3	36,6	76,3	1,8	60,7	63,6	0,7
P ₉₀ N ₆₀	129,0	6,0	37,3	78,9	2,3	61,6	71,1	0,8
P ₉₀ N ₉₀	86,0	5,3	27,4	81,9	1,5	59,7	48,2	0,8
N ₃₀	96,0	2,4	30,5	80,9	1,5	64,7	58,3	0,6
среднее	101,2	4,4	31,5	80,8	1,8	61,5	57,7	0,8
Viceroy								
О	74,0	4,2	35,8	94,6	1,45	33,1	37,7	1,0
P ₆₀	97,0	4,3	44,0	97,7	2,0	31,7	47,2	1,1
P ₉₀	104,0	5,3	46,8	95,7	2,1	31,2	50,4	1,1
P ₁₂₀	106,0	7,4	50,5	94,9	2,2	31,4	51,1	1,1
P ₁₅₀	102,0	5,2	48,0	94,7	2,1	30,4	50,1	1,0
P ₁₈₀	80,5	4,6	35,3	95,3	1,6	31,5	40,1	1,0
P ₉₀ N ₃₀	107,0	5,7	50,6	97,3	2,0	30,8	57,6	0,9
P ₉₀ N ₆₀	83,0	4,4	45,0	96,4	1,8	32,2	37,9	1,2
P ₉₀ N ₉₀	87,0	5,5	42,0	97,1	1,8	31,6	42,0	1,1
N ₃₀	83,0	4,0	39,9	96,8	1,6	33,1	42,1	1,0
среднее	92,4	5,1	43,8	96,1	1,9	31,7	45,6	1,0

Таблица К.4 – Структурный анализ чечевицы, среднее за 2018 и 2020 годы

Внесено, кг/га д.в.	Масса снопа, г/25 раст	Количество, шт/раст		Масса		Побоч ная продук ция, г	Соот ношение з/с
		ветвей	бобов	зерна, г/раст	1000 семян, г		
Крапинка							
О	40,8	5,3	17,5	1,0	39,0	17,2	1,4
P ₆₀	46,1	6,9	25,1	1,2	36,4	18,5	1,5
P ₉₀	57,0	9,0	24,7	1,3	37,2	26,2	1,2
P ₁₂₀	67,4	8,6	28,9	1,5	36,8	29,3	1,2
P ₁₅₀	62,5	6,6	24,2	1,3	36,6	30,5	1,1
P ₉₀ N ₃₀	64,2	7,3	27,6	1,5	38,1	27,6	1,2
P ₉₀ N ₆₀	61,9	6,9	26,5	1,4	38,0	27,8	1,2
P ₉₀ N ₉₀	59,6	5,1	22,6	1,4	37,5	24,3	1,4
N ₃₀	54,7	5,2	22,0	1,2	38,0	25,0	1,2
среднее	57,1	6,8	24,3	1,3	37,5	25,1	1,3
Веховская							
О	63,2	4,1	17,9	1,1	67,4	36,5	0,7
P ₆₀	75,2	4,1	20,9	1,3	66,5	43,6	0,7
P ₉₀	81,4	4,9	22,8	1,4	66,7	47,3	0,7
P ₁₂₀	88,3	4,3	22,4	1,4	67,7	53,0	0,7
P ₁₅₀	92,7	4,4	22,8	1,5	67,0	54,8	0,7
P ₉₀ N ₃₀	87,6	5,5	24,9	1,4	66,7	52,8	0,6
P ₉₀ N ₆₀	100,0	5,6	26,3	1,7	66,8	56,8	0,7
P ₉₀ N ₉₀	73,7	5,1	20,6	1,3	66,2	42,3	0,7
N ₃₀	77,4	3,4	20,9	1,1	68,9	48,9	0,5
среднее	82,2	4,6	22,1	1,4	67,1	48,4	0,7
Viceroy							
О	57,2	5,0	25,8	1,1	36,5	29,4	1,0
P ₆₀	73,1	5,0	31,1	1,5	35,0	36,3	1,0
P ₉₀	78,6	5,1	32,3	1,6	35,4	37,2	1,2
P ₁₂₀	84,7	7,0	36,9	1,8	34,9	40,7	1,1
P ₁₅₀	78,8	7,3	34,1	1,7	35,1	36,9	1,2
P ₉₀ N ₃₀	83,5	6,3	35,9	1,6	34,9	44,2	0,9
P ₉₀ N ₆₀	75,7	7,0	35,8	1,6	35,9	36,1	1,1
P ₉₀ N ₉₀	78,1	5,4	32,1	1,5	35,9	40,1	1,0
N ₃₀	68,5	4,7	30,3	1,3	36,6	34,9	1,0
среднее	75,3	5,9	32,7	1,5	35,5	37,3	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Влияние удобрений на химический состав семян и соломы чечевицы

Таблица Л.1 – Влияние удобрений на химический состав семян и качество чечевицы, %

Внесено, кг д.в./га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок
2018 год												
О	3,01	1,17	2,66	16,8	3,30	1,36	2,79	18,5	3,12	1,40	2,44	17,5
P ₆₀	3,06	1,40	2,69	17,1	3,17	1,38	2,75	17,7	3,33	1,49	2,53	18,6
P ₉₀	3,11	1,50	2,72	17,4	3,40	1,45	2,69	19,0	3,42	1,31	2,46	19,1
P ₁₂₀	3,00	1,60	2,68	16,8	3,48	1,45	2,75	19,5	3,42	1,43	2,60	19,1
P ₁₅₀	3,14	1,53	2,72	17,6	3,32	1,44	2,70	18,6	3,38	1,57	2,46	18,6
P ₁₈₀	3,15	1,52	2,51	17,6	3,43	1,46	2,71	19,2	3,45	1,65	2,47	19,3
P ₉₀ N ₃₀	3,23	1,50	2,79	18,1	3,48	1,51	2,62	19,5	3,43	1,27	2,47	19,2
P ₉₀ N ₆₀	3,39	1,31	2,54	19,0	3,61	1,49	2,96	20,2	3,56	1,59	2,43	19,9
P ₉₀ N ₉₀	3,44	1,44	2,49	19,3	3,74	1,52	2,73	20,9	3,59	1,27	2,38	20,1
N ₃₀	3,26	1,32	2,43	18,2	3,53	1,23	2,70	19,8	3,35	1,40	2,39	18,8
среднее	3,18	1,42	2,66	17,8	3,45	1,43	2,79	19,3	3,40	1,44	2,46	19,0
2019 год												
О	3,40	1,80	2,37	19,0	3,31	1,79	2,74	18,5	3,45	1,68	2,37	19,3
P ₆₀	3,75	1,82	2,36	21,0	3,55	1,91	2,78	19,9	3,55	1,81	2,30	19,9
P ₉₀	3,80	1,87	2,30	21,3	3,64	1,99	2,75	20,4	3,64	1,75	2,29	20,4
P ₁₂₀	3,76	1,94	2,27	21,1	3,60	2,25	2,66	20,2	3,68	1,68	1,98	20,6
P ₁₅₀	3,53	2,01	2,24	19,8	3,45	1,98	2,59	19,3	3,65	1,89	2,18	20,4
P ₁₈₀	3,48	2,14	2,21	19,5	3,43	1,85	2,70	19,2	3,89	1,80	2,21	21,8
P ₉₀ N ₃₀	3,81	1,93	2,20	21,3	3,65	2,09	2,75	20,4	3,78	1,69	2,16	21,2
P ₉₀ N ₆₀	3,94	2,00	2,19	22,1	3,70	2,10	2,62	20,7	3,98	1,72	2,11	22,3
P ₉₀ N ₉₀	4,04	1,91	2,14	22,6	3,76	1,84	2,52	21,1	4,16	2,17	2,11	23,3
N ₃₀	3,55	1,81	2,20	19,9	3,53	1,54	2,71	19,8	3,75	1,66	2,18	21,0
среднее	3,70	1,90	2,20	20,8	3,60	1,90	2,70	20,0	3,90	1,80	2,20	21,0
2020 год												
О	2,51	1,00	2,51	14,1	3,08	0,91	2,22	17,2	2,58	0,99	2,18	14,4
P ₆₀	2,57	1,03	2,52	14,4	3,12	0,95	2,25	17,5	2,90	1,01	2,22	16,2
P ₉₀	2,76	1,10	2,55	15,5	3,14	0,97	2,31	17,6	2,95	1,12	2,29	16,5
P ₁₂₀	2,82	1,14	2,54	15,8	3,19	1,02	2,42	17,9	2,99	1,24	2,29	16,7
P ₁₅₀	2,75	1,17	2,53	15,4	3,21	1,04	2,46	18,0	3,09	1,23	2,22	17,3
P ₁₈₀	2,45	1,08	2,59	13,7	3,27	1,07	2,43	18,3	2,72	1,19	2,21	15,2
P ₉₀ N ₃₀	2,63	1,03	2,64	14,7	3,34	0,98	2,40	18,7	3,20	1,14	2,26	17,9
P ₉₀ N ₆₀	2,99	0,99	2,53	16,7	3,37	1,00	2,47	18,9	3,23	1,23	2,20	18,1
P ₉₀ N ₉₀	3,27	1,25	2,51	18,3	3,43	1,00	2,40	19,2	3,34	1,15	2,24	18,7
N ₃₀	2,77	1,01	2,54	15,5	3,18	0,88	2,37	17,8	2,97	1,04	2,36	16,6
среднее	2,75	1,08	2,54	15,4	3,23	0,98	2,37	18,1	3,00	1,12	2,25	16,8

Таблица Л.2 – Влияние удобрений на химический состав соломы чечевицы, %

Внесено, кг д.в./га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	про- теин	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	про- теин	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	про- теин
2018 год												
О	1,28	1,10	3,78	8,0	1,58	1,06	4,85	9,9	1,56	0,93	4,30	9,8
P ₆₀	1,40	1,20	4,21	8,8	1,46	1,02	5,36	9,1	1,60	1,02	4,57	10,0
P ₉₀	1,48	1,22	5,32	9,3	1,62	1,02	5,55	10,1	1,68	1,04	4,56	10,5
P ₁₂₀	1,51	1,24	5,02	9,4	1,66	1,03	5,32	10,4	1,72	1,09	4,29	10,8
P ₁₅₀	1,55	1,11	4,51	9,7	1,76	1,05	5,76	11,0	1,76	1,17	4,72	11,0
P ₁₈₀	1,37	1,08	5,05	8,6	1,87	1,13	5,97	11,7	1,90	1,25	4,56	11,9
P ₉₀ N ₃₀	1,53	1,28	4,79	9,6	1,88	1,05	6,03	11,8	1,73	1,02	4,54	10,8
P ₉₀ N ₆₀	1,67	1,10	4,50	10,4	1,50	1,04	5,01	9,4	1,77	1,22	4,19	11,1
P ₉₀ N ₉₀	1,72	1,05	4,58	10,8	1,83	1,04	5,16	11,4	1,81	1,39	4,67	11,3
N ₃₀	1,49	1,43	4,57	9,30	1,59	1,12	5,99	9,9	1,82	0,97	4,17	11,4
среднее	1,50	1,18	4,63	9,4	1,68	1,06	5,50	10,5	1,74	1,11	4,46	10,8
2019 год												
О	2,14	0,69	4,93	13,4	1,10	0,40	5,32	6,9	1,81	0,51	4,45	11,3
P ₆₀	2,30	0,68	4,98	14,4	1,56	0,69	5,40	9,8	1,88	0,52	4,69	11,8
P ₉₀	2,53	0,75	5,04	15,8	1,73	0,86	5,05	10,8	1,79	0,58	4,51	11,2
P ₁₂₀	2,46	0,71	4,89	15,4	2,01	0,79	5,26	12,6	1,99	0,60	4,74	12,4
P ₁₅₀	2,34	0,72	5,08	14,6	2,12	0,80	5,31	13,3	1,97	0,54	4,69	12,3
P ₁₈₀	2,46	0,73	4,87	15,4	2,00	0,70	5,41	12,5	1,94	0,53	4,93	12,1
P ₉₀ N ₃₀	2,52	0,70	4,99	15,8	2,25	0,74	5,24	14,1	1,97	0,62	4,55	12,3
P ₉₀ N ₆₀	2,57	0,64	5,00	16,1	2,35	0,78	5,05	14,7	2,01	0,64	4,44	12,6
P ₉₀ N ₉₀	2,63	0,64	4,87	16,4	2,62	0,70	5,03	16,4	2,15	0,57	4,77	13,4
N ₃₀	2,35	0,68	4,96	14,7	2,15	0,50	5,10	13,4	1,80	0,55	4,63	11,3
среднее	2,43	0,69	5,00	15,2	1,99	0,70	5,20	12,4	1,93	0,57	4,60	12,1
2020 год												
О	1,01	0,51	4,61	6,3	0,99	0,30	4,68	6,2	1,12	0,41	4,57	7,0
P ₆₀	1,10	0,54	4,61	6,9	1,04	0,32	4,75	6,5	1,23	0,43	4,61	7,7
P ₉₀	1,26	0,54	4,64	7,9	1,13	0,35	4,85	7,1	1,31	0,44	4,69	8,2
P ₁₂₀	1,34	0,55	4,84	8,4	1,15	0,37	4,68	7,2	1,43	0,47	4,62	8,9
P ₁₅₀	1,34	0,51	4,63	8,4	1,25	0,37	4,83	7,8	1,49	0,52	4,62	9,3
P ₁₈₀	1,38	0,53	4,69	8,6	1,03	0,30	4,68	6,4	1,49	0,53	4,59	9,3
P ₉₀ N ₃₀	1,34	0,47	4,76	8,4	1,18	0,32	4,63	7,4	1,27	0,46	4,61	7,9
P ₉₀ N ₆₀	1,39	0,50	4,81	8,7	1,24	0,34	4,84	7,7	1,20	0,45	4,75	7,5
P ₉₀ N ₉₀	1,39	0,53	4,97	8,7	1,30	0,33	4,63	8,1	1,10	0,45	4,84	6,9
N ₃₀	1,30	0,51	4,83	8,1	1,13	0,31	4,84	7,1	1,27	0,43	4,76	7,9
среднее	1,29	0,52	4,74	8,1	1,14	0,33	4,74	7,1	1,29	0,46	4,67	8,1

Таблица Л.3 – Влияние удобрений на химический состав семян и качество чечевицы, среднее за 2 года (2018 и 2020 гг.), %

Внесено, кг д.в./Га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	белок
O	2,76	1,09	2,59	15,45	3,19	1,14	2,51	17,85	2,85	1,20	2,31	15,95
P ₆₀	2,82	1,22	2,61	15,75	3,15	1,17	2,50	17,60	3,12	1,25	2,38	17,40
P ₉₀	2,94	1,30	2,64	16,45	3,27	1,21	2,50	18,30	3,19	1,22	2,38	17,80
P ₁₂₀	2,91	1,37	2,61	16,30	3,34	1,24	2,59	18,70	3,21	1,34	2,45	17,90
P ₁₅₀	2,95	1,35	2,63	16,50	3,27	1,24	2,58	18,30	3,24	1,40	2,34	17,95
P ₉₀ N ₃₀	2,93	1,27	2,72	16,40	3,41	1,25	2,51	19,10	3,32	1,21	2,37	18,55
P ₉₀ N ₆₀	3,19	1,15	2,54	17,85	3,49	1,25	2,72	19,55	3,40	1,41	2,32	19,00
P ₉₀ N ₉₀	3,36	1,35	2,50	18,80	3,59	1,26	2,57	20,05	3,47	1,21	2,31	19,40
N ₃₀	3,02	1,17	2,49	16,85	3,36	1,06	2,54	18,80	3,16	1,22	2,38	17,70
среднее	2,98	1,25	2,59	16,71	3,34	1,20	2,56	18,69	3,21	1,27	2,36	17,96

Таблица Л.4 – Влияние удобрений на химический состав соломы чечевицы, среднее за 2 года (2018 и 2020 гг.), %

Внесено, кг д.в./Га	Крапинка				Веховская				Viceroy			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	про теин	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	протеин	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	протеин
O	1,15	0,81	4,20	7,15	1,29	0,68	4,77	8,05	1,34	0,67	4,44	8,40
P ₆₀	1,25	0,87	4,41	7,85	1,25	0,67	5,06	7,80	1,42	0,73	4,59	8,85
P ₉₀	1,37	0,88	4,98	8,60	1,38	0,69	5,20	8,60	1,50	0,74	4,63	9,35
P ₁₂₀	1,43	0,90	4,93	8,90	1,41	0,70	5,00	8,80	1,58	0,78	4,46	9,85
P ₁₅₀	1,45	0,81	4,57	9,05	1,51	0,71	5,30	9,40	1,63	0,85	4,67	10,15
P ₉₀ N ₃₀	1,44	0,88	4,78	9,00	1,53	0,69	5,33	9,60	1,50	0,74	4,58	9,35
P ₉₀ N ₆₀	1,53	0,80	4,66	9,55	1,37	0,69	4,93	8,55	1,49	0,84	4,47	9,30
P ₉₀ N ₉₀	1,56	0,79	4,78	9,75	1,57	0,69	4,90	9,75	1,46	0,92	4,76	9,10
N ₃₀	1,40	0,97	4,70	8,70	1,36	0,72	5,42	8,50	1,55	0,70	4,47	9,65
среднее	1,39	0,86	4,67	8,73	1,41	0,69	5,10	8,78	1,49	0,77	4,56	9,33

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Расчет экономической эффективности применения удобрений

Расчет экономической эффективности применения удобрений в опытах проводился по методике Н.Ф. Меньщикова:

1. Общая сумма затрат рассчитывалась по формуле (1):

$$З = [Ц \times Д_{тук} + 0,2 \times (Ц \times Д_{тук})] / П \quad (1)$$

где $З$ – общие затраты, тг;

$Ц$ – цена удобрений, тг/ц;

$Д_{тук}$ – доза удобрений в ц/га физического веса;

$0,2$ – 20% затрат, от стоимости удобрения идущих на транспортировку, хранение, внесение и подработку удобрений;

$П$ – продолжительность действия удобрений (для азотных - 2 года, для фосфорных - 4 года).

2. Для перевода удобрений из действующего вещества в физический вес использовалась следующая формула (2):

$$Д_{ц \text{ тук}} = Д \text{ по } \delta.в. / \% \delta.в. \quad (2)$$

где $Д_{ц \text{ тук}}$ – доза удобрений в туках (физический вес, ц/га);

$\% \delta.в.$ – % действующего вещества в удобрении.

3. Стоимость дополнительно полученной продукции от удобрений рассчитывалась по формуле (3):

$$С = Ц \times П \quad (3)$$

где $С$ – стоимость дополнительно полученной продукции, тг;

$Ц$ – цена 1 ц продукции, тг;

$П$ – прибавка урожая, ц/га.

4. Условно чистый доход рассчитывался по формуле (4):

$$УЧД = С - З \quad (4)$$

5. Окупаемость затрат:

$$О = С / З$$

6. Рентабельность рассчитывался по формуле (5):

$$Р = УЧД / З \times 100 \quad (5)$$