

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК 635.658:631.8:631.559:631.445.4

ГАЛДА ДМИТРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН СОРТОВ ЧЕЧЕВИЦЫ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ**

06.01.04 - агрохимия

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Есаулко А.Н.

Ставрополь – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Обзор литературных источников	10
1.1. Биология развития чечевицы и особенности ее питания	10
1.2. Влияние применения удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного	22
1.3. Влияние удобрений на урожайность и качество семян чечевицы	31
2. Место, условия и методика проведения опыта	41
2.1. Почвенно-климатические условия	41
2.2. Объект исследования и схема опыта	44
2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований	46
2.4. Погодные условия в годы проведения исследований	47
2.5. Основные агротехнические приёмы при возделывании чечевицы в опыте	55
3. Влияние минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного	56
3.1. Динамика продуктивной влаги	56
3.2. Динамика реакции почвенной среды	60
3.3. Динамика содержания аммонийного азота	64
3.4. Динамика содержания нитратного азота	68
3.5. Динамика содержания подвижного фосфора	73
3.6. Динамика содержания обменного калия	77
4. Влияние минеральных удобрений на развитие и химический состав растений чечевицы	83
4.1. Динамика густоты стояния растений	83
4.2. Динамика накопления сухой биомассы	86
4.3. Динамика элементов питания в растениях чечевицы	89
4.3.1. Содержание азота	89
4.3.2. Содержание фосфора	91
4.3.3. Содержание калия	94

4.4. Влияние минеральных удобрений на образование клубеньков	96
5. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян чечевицы	99
5.1. Формирование структуры урожая	99
5.2. Урожайность семян	104
5.3. Качество семян	107
6. Экономическая эффективность производства семян сортов чечевицы в зависимости от влияния различных доз минеральных удобрений	111
Заключение	114
Предложения производству	117
Список использованной литературы	118
Приложения	142

ВВЕДЕНИЕ

Чечевица принадлежит к числу ценных зернобобовых культур и занимает в мире одно из ведущих мест. Во многих странах чечевица стала важным фактором в обеспечении полноценного питания. По доходам чечевица превышает кукурузу и занимает одно из первых мест среди сельскохозяйственных культур.

В последние годы наблюдается устойчивый рост производства чечевицы, так валовой сбор чечевицы по всей Российской Федерации за последние 4 года по хозяйствам всех категорий составил 25,4-65,3 тыс. тонн, в Ставропольском крае только 90-200 тонн. Посевная площадь по стране выросла с 23,4 до 62,3 тыс.га. Наибольший валовой сбор наблюдался в 2016-2017 гг. Основным импортером чечевицы в Россию является Турция, на ее продукцию приходится около 73% ввозимого объема. Общий объем импорта чечевицы в 2015 году составил 2,79 тыс.тонн, в 2016 году – 2,16 тыс.тонн, в 2017 – 2,52 тыс.тонн.

В условиях, когда сельскохозяйственное производство ведется без достаточных капитальных вложений, возникла необходимость разработки более совершенных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с получением не только стабильных урожаев, но и высококачественной конкурентоспособной зерновой продукции (Кононенко С. И., 2012).

В настоящее время чечевицу используют довольно широко в пищевой промышленности. Её в основном применяют для приготовления консервов, столовых блюд и других продуктов. Так же используют чечевичную крупу и муку для продовольственных целей. Цельные семена чечевицы уступают в питательности крупе. Муку используют в хлебопекарной промышленности, кондитерском производстве.

Чечевица так же отличная кормовая культура. Солома и полова чечевицы содержат много белка и являются отличным кормом для

животных. Питательность чечевичной соломы немного уступает сене, а полова отрубям (Леонтьев В. М., 1966).

Актуальность работы. В валовом мировом производстве продуктов питания ежегодная нехватка белка достигает 10 млн тонн. Наибольшее содержание растительного белка имеют зернобобовые культуры и продукты, производимые из них, что и делает зернобобовые его основным источником. Благодаря высокому проценту содержания белка, витаминов, аминокислот и микроэлементов, а также отличным вкусовым качествам чечевица среди бобовых культур занимает лидирующие позиции.

Так, по сравнению с 2015 годом посевные площади чечевицы в Российской Федерации к 2017 году увеличились в 4,7 раза, достигнув 165 тыс. га. Площадь культуры в Ставропольском крае в 2017 году составляла 1,9 тыс. га, что значительно больше, чем в 2015 году. Одновременно отмечается рост урожайности чечевицы: в Российской Федерации ее уровень составил 1,21 т/га, что в 1,5 раза выше, чем в 2015 году, а для Ставропольского края 1,28 т/га, что в 1,6 раза выше, чем в 2015 году.

Необходимо отметить, что площади чечевицы в Ставропольском крае незначительны, так как хозяйства региона практически не занимаются выращиванием культуры в связи со слабой изученностью элементов технологии ее возделывания. В настоящее время отсутствуют рекомендации по возделыванию чечевицы с применением различных доз минеральных удобрений в условиях Ставропольской возвышенности.

Чечевица требовательна к содержанию в почве макро- и микроэлементов, недостаток которых необходимо компенсировать. Культура неспособна усваивать трудно растворимые соединения фосфора, в связи с чем применение фосфорсодержащих удобрений является обязательным приемом при ее возделывании.

Степень разработанности темы. Анализ литературных источников показывает, что результаты опытов и мнения ученых по изучаемой теме не

совпадают (Леонтьев В. М., 1966; Петкова Д., 1999; Минеев В. Г., 2004; Горпинченко Т., 2006; Калашникова С. В., 2008; Сорокин С. И., 2006; Бугаев Г. И., Пимонов К. И., 2011; Самаров В. М., Тарасенко А. И., 2012; Дмитриева Е. А., 2014; Канукова К. Р., 2016; Масынов К. М. и др. 2017). Это можно объяснить различными почвенно-климатическими условиями места проведения исследований и методами определения доз минеральных удобрений под культуру.

Представленная диссертационная работа посвящена оптимизации питания сортов чечевицы за счет внесения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном Центрального Предкавказья.

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключалась в определении влияния минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов чечевицы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности.

Для достижения данной цели методикой исследования были поставлены следующие задачи:

- определить влияние минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного в течение развития сортов чечевицы;
- установить влияние изучаемых приёмов на развитие и химический состав растений;
- изучить влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов чечевицы;
- определить экономическую эффективность применения минеральных удобрений при выращивании чечевицы на черноземе выщелоченном.

Научная новизна. Впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели почвенного плодородия и урожайность сортов чечевицы. Установлены корреляционные зависимости между послойным содержанием элементов питания в 0–30 см слое чернозема выщелоченного и

урожайностью культуры. Предложены уравнения прогноза урожайности чечевицы в зависимости от содержания элементов питания в почве и показателей структуры урожая.

Теоретическая и практическая значимость работы. Определено положительное влияние минеральных удобрений на ряд агрохимических показателей чернозема выщелоченного в процессе развития растений чечевицы.

На основании проведенных исследований получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать расчетно-балансовый метод определения доз минеральных удобрений, позволивший получить максимальную урожайность (2,17 т/га) сорта чечевицы Веховская после предшественника озимой пшеницы на черноземе выщелоченном.

Результаты исследований используются в учебном процессе при преподавании дисциплины «Агрохимия» для студентов факультета агробиологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Методология и методы исследований. Методология исследований заключается в изучении научных трудов отечественных и зарубежных авторов. Методы исследований: теоретические – статистический анализ и обработка результатов исследований; эмпирические – полевые и лабораторные исследования, цифровое, текстовое и графическое отображение полученных результатов.

Достоверность результатов, полученных в результате проведенных исследований, подтверждается многократными наблюдениями, учетами и анализами в лабораторных и полевых опытах, критериями статистической обработки, а также результатами апробации итогов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

– минеральные удобрения положительно влияют на содержание в 0–30 см слое чернозема выщелоченного подвижного фосфора и обменного калия в

течение вегетации сортов чечевицы, но не изменяют динамику их направленности;

– послойное содержание элементов питания в 0–30 см слое чернозема выщелоченного в период вегетации растений оказывает влияние на урожайность сортов чечевицы;

– применение минеральных удобрений повышает урожайность сортов чечевицы;

– экономическая эффективность производства семян чечевицы определяется сортом, дозой минеральных удобрений и погодными условиями.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в хозяйствах СПК колхоз-племзавод «Казьминский» и КФХ Колесников А. П. на общей площади 61 га. Применение расчетной дозы минеральных удобрений $N_{20}P_{44}K_{15}$ и $N_{25}P_{48}K_{10}$ позволило получить урожайность культуры на уровне 1,6–1,9 т/га соответственно.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на международных и научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2014–2018 гг.): 78-я научно-практическая конференция «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе» (Ставрополь, 2014 г.); 80-я научно-практическая конференция «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе» (Ставрополь, 2015); Второй Международный форум «Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России» (Омск, 2018).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликованы 6 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключений и предложений производству, списка использованной литературы, включающего 197 источника, из них – 12 зарубежных авторов, приложений. Работа изложена на 169 страницах машинописного текста, содержит 23 таблиц, 8 рисунков, 29 приложений.

Автор выражает глубокую признательность коллективу кафедры агрохимии и физиологии растений, академику РАН В. Г. Сычеву, профессорам А. Н. Есаулко, В. В. Агееву, А. И. Подколзину, доцентам М. С. Сигида, С. А. Коростылеву, А. В. Воскобойникову, Е. В. Голосному, О. Ю. Лобанковой, Ю. И. Гречишкиной, А. А. Беловой, Е. А. Саленко, А. А. Куценко, А. Ю. Олейникову аспирантам А. Ю. Гуруевой, остальным сотрудникам кафедры за полученные в процессе выполнения работы консультации и советы.

Особую признательность и глубочайшую благодарность выражаю научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Есаулко Александру Николаевичу за его непосредственное участие в разработке программы, методики исследований и обсуждение полученных результатов научных исследований.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1. Биология развития чечевицы и особенности ее питания

Чечевица относится к семейству бобовых. Этот род объединяет пять видов: 1 обыкновенный – обыкновенная чечевица, и 4 дикорастущие: линзообразная, черноватая, восточная чечевица. (Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., 1997; Горпинченко Т., 2006; Иконникова А. В., Суворова Г. Н. 2014).

В мире преимущественно выращивается обыкновенная полевая чечевица, этот вид разделяется на два подвида: чечевица крупносеменная (тарелочная) и чечевица мелкосеменная. Подвиды разделяются на 59 разновидностей. Из них 12 разновидностей крупносеменной чечевицы и 47 мелкосеменной (Сорокин С. И., 2008; Суворова Г. Н., Костикова Н. О., Иконников А. В. и др., 2014; Ханиева И. М., Бозиев А. Л., Канукова К. Р., 2014).

Чечевица по величине посевных площадей среди зернобобовых уступает только гороху. Основные посевы чечевицы расположены в лесостепных районах черноземной полосы, но также ее выращивают и в других зонах нашей страны (Янова А. А., Кондыков И. В., 2011; Бер А. Ю., Молчанова Е. Н., 2016).

На территории России чечевица занимает около 1 % от общей площади зернобобовых. Валовой сбор страны в последние годы был порядка 197,86 тыс. т. Урожайность составляла около 1,21 т/га, то есть на 0,3 т/га ниже, чем средняя для зернобобовых культур. При благоприятных условиях урожайность может достигать до 2,0–2,5 т/га (Пимонов К. И., Ионов Д. Ф., 2015; Маракаева Т.В., Горбачева Т. В., Зинич А. В., 2017).

Чечевица относится к числу важнейших продовольственных растений. Средний биохимический состав ее семян следующий (%): белок – 23,5, жир – 1,4, углеводы – 52, минеральные вещества – 3,2. В семенах чечевицы белка

содержится больше, чем в других зернобобовых культурах. Кроме того, семена ее очень легко развариваются. Крупносеменная чечевица в основном используется как пищевая культура, а мелкосеменная может применяться и на кормовые цели для всех сельскохозяйственных животных. Размолотые семена считаются хорошим концентрированным кормом, а нежная зеленая масса с высоким содержанием протеина по качеству приближается к хорошему луговому сену. Содержание переваренного протеина в сене составляет 15, а в полумеся до 20 % (Лавриненко Г. Т., 1977; Посыпанов Г. С., 1983; Леонтьев В. М., 1966; Панкин И. А., Борисова Л. М., Белокурова Е. С., 2015).

И. С. Кузнецов (2006) установил, что ценность чечевицы определяется содержанием белка 24,4, крахмала 48,4, жира 1,1 %, хорошей развариваемостью и отличными вкусовыми качествами семян.

В семенах чечевицы обнаружено содержание различных витаминов таких как А, В, В₂, С, РР и всех необходимых для жизнедеятельности человека и животных аминокислот. Потребление чечевицы в пищу способствует улучшению состава крови, выводит радионуклиды из организма. Пигменты оболочки семени используются для улучшения качества органических красок (Подшивалов Ф. А., 1975, 1976; Вавилов П. П., 1983; Калашникова С. В., Сторожик В. В., 2008; Хамицаева А. С., 2010; Ваулин А. Ю., 2017).

Чечевица – однолетнее растение с высокими (10–75см), прямыми или полустеляющимися, тонкими и ребристыми стеблями, которые обычно сильно ветвятся (Посыпанов Г. С., 2007). Листья очередные, черешковые, парноперистые, сложные, черешок заканчивается простым или разветвленным усиком, иногда – коротким острием. Цветоносы располагаются в пазухах листьев, длиннее или короче листа, на верхушке переходят в остевидное окончание. Существуют также практически безостые формы (Янова А. А., Кондыков И. В., 2011; Федотов В. А., Кадыров С. В., Щедрина Д. И., Столяров О. В., 2015).

Чечевица имеет стержневую корневую систему. Большая часть корней расположена в пахотном слое на глубине 20–25 см. Корни растения проникают на глубину около 1 м (Крылов А. В., Львова П. Ф., Исаенко К. Т., 1941; Ханиева И. М., Канукова К. Р., 2014).

Бобы чечевицы одногнездные, двухстворчатые, ромбические, сплюснутые или слабовыпуклые, 1–3 семенные, голые, соломенно-желтые, в редких случаях перед созреванием фиолетовые. Масса 1000 семян сильно варьируется от 10 г чечевицы из Афганистана до 94 г и более семян из России и Средиземноморья. Семядоли имеют желтый, оранжевый или зеленый цвет (Скотникова Е. А., 2005; Кныш Н. П., 2014).

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 у нее не наблюдалось по сравнению с зерновыми злаками. У чечевицы фазы цветения и плодообразования протекают практически одновременно (Леонтьев В. М., 1960; Огородцева Ю. С., Океанова Е. Н., 2017).

Рядом авторов предложена иная схема описания фаз развития. Она заключается в подсчете числа узлов главного стебля. Фазы основаны: 1-2 – на распускании цветков, 3–6 – на развитии бобов и семян, 7–8 – на степени спелости. При определении фазы по данной схеме число растений, вступивших в данную фазу, должно быть более 50 % от общего числа популяции. Эта схема определения фаз развития в России не применяется (Помогаева А. И., 1971; Erskine W., 1985; Фурсова А. К., Фурсов Д. И., Наумкин В. Н., Никулина Н. Д., 2013).

В процессе развития у чечевицы выделяются 12 этапов органогенеза: формирование конуса нарастания и зародышевых органов семени (начинается с эмбриональной фазы развития почечки семени и заканчивается полным прорастанием последнего), формирование настоящих листьев и рост междоузлия стебля, образование оси соцветия, соцветия, дифференциация органов цветка, деление материнских микроспор и образование тетрад,

образование мужского и женского гаметофитов, видимая бутонизация, цветение, рост плода и дифференциация зародыша семени, фаза молочной спелости семян, созревание (Пылов А. П., 1977; Foti S., 1979; Посыпанов Г. С., 1985; Ханиева И. М., Чапаев Т. М., Канукова К. Р., 2013).

В. М. Самаров и А. И. Тарасенко (2012) предложили все этапы органогенеза скомпоновать в три основных периода развития растения чечевицы: 1 – формирование и рост вегетативных органов, 2 – заложение и дифференциация генеративных органов, 3 – формирование, рост и созревание плодов и семян.

В разрезе скороспелости чечевицу можно разделить на пять групп: 1 – раннеспелые, с вегетационным периодом 60-69 суток; 2 – среднеранние, 70–75 суток, 3 – среднеспелые, 76–80 суток, 4 – среднепоздние, 81–85 суток и 5 – поздние, 86–90 суток. Вегетационная продолжительность находится в обратной зависимости от температуры: чем выше температура, тем меньше вегетационный период, и наоборот (Барулина Е. И., 1926, 1930; Бубнов П. С., 1952; Дмитриева Е. А., Ульянова В. И., Алешин С. О., Федулова С. А., Амелин А. В., 2014; Иконникова А. В., Суворова Г. Н., 2014).

Для получения высоких урожаев зернобобовых культур, в том числе чечевицы, необходимо хорошо знать ее биологические особенности и требования к минеральному питанию на всех этапах развития растения (Бугай И. С., 2012; Пимонов К. И., Шелудяков А. Ф., Лопаева Н. В., 2012; Задорин А. М., Уваров В. Н., Ятчук П. В., Булгакова А. К., 2015).

Чечевица является растением длинного дня. Из многочисленных исследований ясно, что растения чечевицы в условиях короткого дня растут и развиваются значительно медленнее, чем в условиях длинного дня, это влечет за собой побледнение зеленой окраски, пожелтение и поражение бактериозом. Так как чечевица ведет свое происхождение из горных районов, аналогично гороху и чине, то ее требования к условиям длительного освещения вполне естественны (Бубнов П. С., 1952; Кузнецов И. С., 2008;

Дмитриева Е. А., Ульянова В. И., Алешин С. О., Федулова С. А., Амелин А. В., 2014).

Северная граница возделывания чечевицы и среднеспелых сортов гороха одна и та же. Чечевица довольно требовательна к теплу: минимальная температура выращивания +4–5 °С, оптимальная +30 °С, максимальная +36 °С, в связи с этим посеы чечевицы не могут заходить далеко на север (Бубнов П. С., 1952; Кононенко С. И., 2012, 2013).

По данным В. М. Леонтьева (1954, 1966) и М. С. Шляпиной (2015), семена чечевицы начинают прорасти при температуре +3–4 °С, но густые дружные всходы появляются только при условии посева культуры в почву, прогретую до +7–10 °С на глубину 10 см. Согласно опытным данным при посеве в температуру +12–18 °С всходы появлялись на 6–7-й день, при +7–8 °С на 10–12-й день, при +5–6 °С на – 13–15-й день. В вариантах посева чечевицы в холодную почву полевая всхожесть семян значительно снижается.

Всходы чечевицы легко переносят заморозки до –6 °С, а при высокой атмосферной влажности способны выдержать кратковременное понижение температуры до –10 °С. Невысокая требовательность семян чечевицы к температуре прорастания и высокая устойчивость молодых растений к кратковременным заморозкам позволяют сделать вывод, что чечевица, как и горох, относится к растениям раннего срока сева (Леонтьев В. М., 1966; Гнетнева Л. Н., 1976; Кузнецов И. С., 2008; Самаров В. М., Ганзеловский Е. В., 2015).

После прорастания растения чечевицы становятся более требовательны к показателям температуры в сравнении с горохом. Нормальная среднесуточная температура развития растений находится в пределах от +17 до +19 °С. За период вегетации среднесуточная сумма температур колеблется от 1350 °С до 1900 °С, однако замечено, что в засушливые годы сумма температур у одного и того же сорта уменьшается на 100–150 °С в сравнении с влажным (Леонтьев В. М., 1954, 1960, 1966; Канукова К. Р., 2016).

Леонтьев В. М. (1966) в своих исследованиях пишет, что наилучшими почвами для выращивания чечевицы являются рыхлые суглинистые и супесчаные, богатые известью. Неблагоприятными считаются низинные, тяжелые глинистые, кислые и песчаные, так как на данных почвах у культуры замечены нарушения в развитии и низкая урожайность семян.

По словам С. И. Сорокина (2006), не отвечают требованиям чечевицы тяжелые уплотненные почвы, засоленные и кислые, а также очень легкие и бедные песчаные почвы с близким залеганием грунтовых вод, склонные к заболачиванию. Непригодными для выращивания культуры являются почвы богатые азотом. На почвах, богатых азотом, чечевица развивает мощную зеленую массу в ущерб урожайности семян.

По наблюдениям В. М. Леонтьева (1966) чечевица довольно требовательна к уровню увлажнения в первый период своей жизни, в последующие же фазы развития она более устойчиво относится к недостатку влаги, в отличие от гороха и фасоли. По мнению И. Ю. Кормаковой (1998), наиболее важную роль влажность почвы играет в периоды прорастания и цветения – созревания чечевицы.

Повышенная требовательность чечевицы к увлажнению обусловлена ее биологическими особенностями. Так как это бобовое растение содержит большое количество белка, то на его формирование требуется значительно больше влаги в сравнении со злаковыми растениями, где преобладает крахмал. Стоит заметить, что объем поглощённой чечевицей влаги меньше, чем у гороха и других зернобобовых культур. В связи с этим ее необходимо сеять в ранние сроки для обеспечения семян достаточным количеством влаги. (Леонтьева В. М., 1966; Баздырев, Г. И., Лошаков В. Г., Пупонин А. И. 2000; Лавренко С. О., Гридякина А. Н., 2014; Лавренко С. О., Лавренко Н. Н., Максимов М. В., 2017).

Критическим периодом увлажнения для чечевицы являются фазы всходов и ветвления, в фазу цветения и созревания культуры недостаток влаги не критичен. Также можно отметить, что чечевица значительно легче

переносит почвенную засуху, чем атмосферную. Особенно большой вред наносят суховеи. Под их воздействием цветоножки быстро сохнут и опадают, что влечет за собой значительное опадение бутонов и цветков, а, следовательно, и значительное снижение урожая (Леонтьева В. М., 1966; Erskine W., 1985; Сорокин С. И., 2005, 2006; Самаров В. М., Анохина О. В., 2013; Шевцова Л. П., Дружкин А. Ф., 2016).

Избыток влаги в период созревания семян может отрицательно сказаться на урожае чечевицы, так как в этом случае вегетационный период увеличивается, растения формируют большую вегетативную массу и значительно поражаются болезнями, что непосредственно влечет снижение качества семян (Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., 1997; Леонтьев В. М., 1954, 1960, 1966; Гаврилов А. А., Шутко А. П., Марюхина А. Г., 2004).

Установлено, что зернобобовые культуры, в ряд которых входит чечевица, в среднем на 1 т урожая выносят из почвы 60 кг/га азота, 20 кг/га фосфора и 25 кг/га калия (Муравин Э. А., 2010).

На формирование 1 т семян затрачивается (кг): N – 60–70, P₂O₅ – 15–20, K₂O – 40–45, CaO – 23–28 и MgO – 18–22. Нормы фосфорно-калийных удобрений определяют исходя из выноса элементов питания с планируемым урожаем и содержания их в почве. Если созданы благоприятные условия для симбиотической азотфиксации, кормовые бобы не нуждаются в азотных удобрениях (Федотов В. А., Кадыров С. В., Щедрина Д. И., Столяров О.В., 2015).

На 1 т урожая семян чечевицы и соответствующего ей количества побочной продукции из почвы выносятся в среднем 107 кг питательных элементов, включающих в себя азот в объеме 59, фосфор – 2, калий – 28 кг. При недостатке влаги в почве вынос фосфора из почвы снижается, а калия увеличивается. Также при недостатке влаги снижается вынос азота (Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., Жеруков Б. Х. и др. 1997; Посыпанов Г. С., 2007).

Л. Е. Царевой (2007) подтверждается вынос элементов питания на 1 т семян и соответствующей побочной продукции для чечевицы, который составляет: N – 59, P₂O₅ – 20, K₂O – 28 кг. Считается, что 2/3 необходимого азота чечевица способна усвоить из атмосферы за счет симбиотического аппарата. При хороших условиях для развития симбиотического аппарата растения менее требовательны к наличию азота в почве, однако при неэффективной азотфиксации чечевица полностью переходит на питание азотом из почвы.

Повышенная потребность в азоте растения чечевицы испытывают в первые дни всходов, так как симбиотический аппарат в данное время еще не сформирован. В более поздние сроки вегетации растения чечевицы способны удовлетворить потребности в азоте за счет фиксации клубеньковыми бактериями. Избыток азота приводит к усиленному набору зеленой массы растений в ущерб урожаю (Шевцова Л. П., Дружкин А. Ф., 2016; Skrupetz S. 1999).

Критическим периодом потребления азота зернобобовыми культурами является период формирования и налива семян. В случае слабой симбиотической фиксации азота улучшить азотное питание растений позволят азотные подкормки (Herceg J., 1978; Завалин А. А., Соколов О. А., 2016).

Чечевица предъявляет повышенные требования к содержанию достаточного количества доступных форм фосфора в начале вегетации, которое позволяет растения чечевицы быстрее развиваться, что препятствует затенению сорняками. Внесение небольших доз азотных удобрений в начале вегетации также способствует ускорению роста и развития растений. К критическому периоду потребления фосфора можно отнести и периоды цветения и созревания. Недостаток доступного фосфора может отрицательно сказаться на формировании будущего урожая культуры (Солодовников А. П., Косачев А. М., Степанов Д. С., Даулетов М. А., 2014; Кононеко С. И., 2012; Масынова К. М., 2017).

Максимальное поглощение калия растениями чечевицы приходится на периоды цветения и образования бобов. В данный период недостаток калия оказывает негативное влияние на образование цветков, а в последующем на формирование бобов (Агафонов Е. В., Каменев Р. А., Скуратов Н. С., 2012).

При выращивании чечевицы на почвах, богатых калием, внесение калийных минеральных удобрений нецелесообразно. Ввиду того, что растениям чечевицы достаточно калия, содержащегося в почве, внесение повышенных доз минеральных удобрений экономически не целесообразно. На почвах с низкой обеспеченностью калием внесение его минеральной формы значительно повышает урожайность культуры (Прокошев В. В., Дерюгин И. П., 2000; Ягодин Б. А., 2002, 2016).

Чечевица хорошо отзывается на внесение низких доз минерального азота под предпосевную обработку почвы, что дает ей стимул к усиленному росту в отсутствие клубеньков в начале вегетации. Повышенные дозы минерального азота угнетают симбиотический аппарат чечевицы, а внесение органических удобрений крайне отрицательно влияет на урожайность культуры (Алексеев А. И., Кузин Е. Н. и др., 2013).

Внесение минеральных фосфорных удобрений в критические периоды развития растений чечевицы способствует повышению урожайности культуры и устойчивости к неблагоприятным погодным условиям (Herced J., 1978).

В опыте З. И. Глазовой (2018), проводимом в 2016–2017 гг. по изучению листовых подкормок чечевицы отмечено, что их применение оказывает положительное влияние на основные изучаемые показатели растений и урожайность. По сравнению с контролем озерненность растений увеличивается на 7–14 %, масса 1000 семян – на 0,8–1,6 г. По результатам исследований установлена прибавка урожайности чечевицы на 0,21–0,36 т/га на вариантах с применением органоминеральных удобрений содержащих азот, фосфор и калий. Данный показатель практически равнозначен внесению

сложного удобрения в дозе $N_{19}P_{19}K_{19}$ в рядки, при котором была получена прибавка на 0,21 т/га по сравнению с контролем.

Посевы чечевицы дают значительную прибавку урожайности при внесении под основную обработку минеральных и смеси органических и минеральных удобрений. Проведено исследование по влиянию на урожайность чечевицы дозы минеральных удобрений $N_{35}P_{35}K_{30}$ и совместного внесения минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{30}$ совместно с соломой в количестве 2,5 т/га осенью под основную обработку почвы. В результате установлено, что наиболее благоприятные условия для роста и развития растений чечевицы сложились на варианте с внесением соломы и минеральных удобрений. Прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 0,26 т/га. При внесении же только минеральных удобрений прибавка была на уровне 0,08 т/га (Чижова М. С., Денисенко А. И., Рыбина В. Н. и др. 2016).

Проведенные исследования М. С. Шляпиной и Д. В. Гладковым (2016), по изучению влияния различных доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность чечевицы. По результатам опыта установлено, что при внесении минеральных удобрений, содержащих фосфор и калий, формируются наилучшие показатели структуры урожая семян чечевицы. Максимальная урожайность, 1,53 т/га, получена у сорта Октава при внесении фосфорно-калийных удобрений. По сравнению с контролем внесение полного удобрения и различных сочетаний вносимых элементов привело к увеличению урожайности чечевицы в меньшей степени. Максимальная окупаемость при внесении удобрений отмечена у чечевицы сорта Октава на варианте с внесением фосфорно-калийных удобрений.

Атмосфера нашей планеты состоит на 78 % из азота который соприкасается не только с надземной частью растения, но и с корнями, находясь в воздухоносных тканях. При таком огромном его количестве, растения страдают от азотного голодания из-за недоступности молекулярной формы для них. Главным источником азота для растений являются

доступные для поглощения растениями азотные соединения, находящиеся в почве (Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., 1997; Ханиева И. М., Чапаев Т. М., Бозиев А. Л., Канукова К. Р., 2017).

Источником азота для бактерий является молекулярный азот атмосферы планеты. По мнению П. П. Вавилова и Г. С. Посыпанова (1983), способностью фиксировать атмосферный азот обладают как симбиотические, так и несимбиотические микроорганизмы. Процесс азотфиксации протекает в почве, на поверхности корней, внутри корней бобовых растений, на стеблях и листьях, в пресной и морской воде.

Чечевица наравне с горохом и другими зернобобовыми культурами способна усваивать азот из воздуха. Данное свойство играет огромную роль в земледелии (Федотов С. В., 2001; Бугаев Г. И., Пимонов К.И., 2011; Ханиева И. М., Чапаев Т. М., Канукова К. Р., 2013).

Наиболее эффективно фиксируют атмосферный азот симбиотические микроорганизмы. Азотфиксирующие симбиотические микроорганизмы находятся в симбиозе с высшими растениями. Данным феноменом обладают зернобобовые культуры. В процессе жизнедеятельности они формируют клубеньки на корнях и листьях. Формирование клубеньков происходит в результате инфицирования клеток растения бактериями рода *Rhizobium*, в процессе чего бактерии приступают к усиленному делению, провоцируя интенсивное деление зараженных клеток растения. В результате образуется опухоль, заполненная бактериями, называемая клубенек (Посыпанов Г. С. 1977, 1985, 1989; Филатов В. И., Баздырев Г. И., Обьедков М. Г. и др. 1999; Канукова К. Р., 2016).

В энергосбережении имеет огромное значение и биологическая фиксация азота в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Использование бобовых культур становится более целесообразным на фоне все дорожающего производства, транспортировки и внесения минерального азота (Foti S., 1979; Jaganowski J., 1980; Пимонов К. И., Ионов Д. Ф., 2015; Мусынов К. М., Кипшакбаева А. А., Аринов Б. К. и др., 2017).

Способностью усваивать азот из атмосферы обладают все зернобобовые культуры. Больше всего азота усваивают многолетние бобовые, однолетние же фиксируют ровно столько атмосферного азота, сколько выносят из почвы с урожаем, к ним не относятся люпин и соя. Как правило, горох, чечевица и нут фиксируют 50–70 кг азота (Посыпанов Г. С., Кашукаев М. В., Жерезков Б. Х., 1994; Янов В. И., 2007, 2011; Самаров В. М., Тарасенко А. И., 2012).

В своих работах А. Х. Шеуджен (2012, 2015), указывает на то, что удобрение зерно–бобовых должно обеспечивать создание наиболее благоприятных условий для симбиотической азотфиксации. Связывание атмосферного азота бобовыми происходит в нейтральных почвах при условии заражения корней активными расами клубеньковых бактерий, достаточном уровне фосфорно–калийного питания и обеспеченности доступным молибденом – микроэлементом, принимающим участие в процессе.

Аналогично, по данным П. П. Вавилова, Г. С. Посыпанова (1983) и А. Ю. Ваулина (2017), для нормальной вегетации растений чечевицы и фиксации атмосферного азота необходима слабощелочная или нейтральная реакция почвенного раствора. Для выращивания бобовых культур на кислых почвах первым действием для движения к успеху является известкование почв. На почвах с показателем кислотности рН 4,8–5 необходимо внести 10–12 т/га известковых материалов. На тяжелосуглинистых почвах доза известки увеличивается до 14–15 т/га, а на легкосуглинистых снижается до 9–10 т/га.

В некоторых литературных источниках приводятся следующие данные фиксации азота бобовыми растениями в симбиозе с клубеньковыми бактериями: соя – 65, горох – 80, чечевица – 115 кг/га (Крылов А.В., Львова П. Ф., Исаенко К. Т., 1941; Young D., Malorgio G. 1988; Посыпанов Г.С., 1983; Кашукаев М. В., Жерезков Б. Х., 1994).

В соответствии с биологическими особенностями чечевица на кислых

почвах растет плохо, – так как последние не благоприятны для жизнедеятельности клубеньковых бактерий и клубеньки на корнях растений не образуются. Для устранения негативного влияния кислых почв на растения применяют известкование которое проводят за 1–2 года до посева чечевицы. При известковании сильно кислых тяжелых глинистых почв вносят 5–7 т извести, 3–5 – на суглинистых и 2–3 – на супесчаных (Леонтьев В. М., 1966; Канукова К. Р., 2016).

На хорошо дренируемых почвах, со слабо кислой или нейтральной реакцией почвенной среды, средней обеспеченностью калием и фосфором, при достаточном увлажнении формируется активный симбиотический аппарат. В совокупности естественного плодородия почвы и фиксации азота из атмосферы зернобобовые культуры способны давать урожай на уровне 18–20 ц/га (Лошаков В. Г., 2012; Пимонов К. И., Евтушенко Е. В., 2012; Самаров В. М., 2014).

Внесение фосфорных и калийных удобрений не влияет на урожайность зернобобовых культур в условиях недостаточного увлажнения по причине остановки фиксации азота бактериями (Данилов А. Н., Летучий А. В., Пимонов К. И., 2015; Пимонов К. И., Ионов Д. Ф., 2017).

1.2. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного

Почва способна обеспечивать естественное воспроизводство плодородия, конечно в определенных границах. Из этого следует что почва – это саморегулируемая система. Самостоятельное воспроизводство плодородия не может обеспечить постоянный уровень продуктивности почв, а тем более повышение (Агафонов Е. В., Каменев Р. А., Скуратов Н. С., 2012).

На целинных и залежных землях в естественных условиях повышается плодородие почвы за счет использования растениями солнечной энергии,

питательных веществ в объеме, меньшем, чем они возвращают в почву (Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Исупова Ю. А., 2012).

Длительное систематическое применение удобрений оказывает влияние на физические и химические свойства почвы. Почвенное плодородие улучшается в той или иной степени в зависимости от генетических свойств почвы, доз удобрений, выращиваемых культур, применения мелиорирующих приемов и средств. Бездумное и нерациональное использование почв приводит к снижению плодородия (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2006).

Приемы интенсивного земледелия приводят пахотный слой к истощению. Элементы питания растений постепенно используются и отчуждаются с урожаем, а также вымываются в более глубокие слои почвы. Эффективное плодородие почвы снижается, что применением одних минеральных удобрений не поправить (Гришина Л. А., 1986; Есаулко А. Н., Айсанов Т. С., Фурсова А. Ю., Кузьменко М. Ю., 2012; Евтушенко Е. В., Пимонов К. И., Тарасов В. Г., 2017).

По мнению ряда ученых, комплексное применение органических и минеральных удобрений создает наиболее благоприятные условия для накопления гумуса почвы. По данным многочисленных исследований выявлено, что стабилизация и поддержание на исходном уровне содержания гумуса 3,41–3,53 % на выщелоченном черноземе, достигается систематическим внесением навоза и минеральных удобрений (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001; Есаулко А. Н., 2006; Антонова Т. Н., 2007).

В своих исследованиях А. В. Храпач (2008) приводит расчет баланса гумуса за 2007 г., в котором приведены данные, свидетельствующие о снижении дефицита гумуса в Ставропольском крае до 476 кг/га. Данная ситуация обусловлена внесением навоза в объеме 4 млн т, соломы и повышением нормы внесения минеральных удобрений (Муравин Э. А., 2010).

Валовое содержание азота в почве неразрывно связано с запасом гумуса. Некоторые гумусовые вещества содержат в себе основную часть

азота почвы. В ходе реакций разложения, синтеза гумусовых веществ, а также перевода азота из одной формы в другую образуются формы органического и минерального азота (Кураков В. И., Минакова О. А., Ситникова В. В., Александрова Л. В., 2006).

В своих работах по изучению влияния на чернозем выщелоченный различных систем удобрений в условиях длительного опыта А. И. Подколзин (1997, 2004), А. Н. Есаулко (2006) и В. В. Агеев (2008) отмечают, что запас гумуса непосредственно связан с содержанием валового азота в почве. Основная часть азота входит в состав гумусовых кислот.

Наблюдения показали, что в севообороте в системе ежегодной вспашки на удобряемых в течение 30 лет вариантах содержание гумуса чаще всего находилось на уровне контроля. Отмечено, что на вариантах с применением P_{30} содержание гумуса снизилось до 4,91 %. Также отмечена тенденция к снижению гумуса в вариантах с дозами N_{67} , $N_{67}P_{15}$, $N_{67}P_{30}$ с добавлением соломы. Накопление в пахотном слое подвижных форм фосфора отмечено во всех вариантах с применением фосфорных удобрений (Волынкин В. И., Копылов А. П., Волынкина О. В., 2014).

Одним из основных элементов питания для растений является азот. Потребление азота растениями значительно выше, чем любого другого элемента корневого питания. Подавляющая часть азота почвы находится в органических соединениях в составе гумуса, и только малая – в неорганических соединениях аммония и нитратов (Maimandi N., 1979; Никитишен В. И., 2006; Минакова О. А., Тамбовцева Л. В., Громовик А. И., 2011; Пимонов К. И., Евтушенко Е. В., 2012; Айсанов Т. С., 2013; Айсанов Т. С., Подколзин А. И. 2015).

В условиях стационарного опыта Ставропольского ГАУ биологизированная и расчетная системы удобрений зарекомендовали себя как наиболее эффективные приемы формирования потенциала минерального азота чернозема выщелоченного. Рассматриваемые приемы мобилизации почвенного плодородия оказали воздействие на метровую глубину профиля

почвы. Также было отмечено снижение содержания минерального азота в метровом слое почвы под влиянием времени (Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И., 2006; Голосной Е. В., Агеев В. В., Подколзин А. И., 2013).

По мнению многих исследователей отвальная обработка почвы усиливает минерализацию азота и органического вещества почвы. На основе трехлетних данных среднегодовой дефицит азота на контроле составил 21, а при внесении минеральных удобрений – 6–10 кг/га. Из этого следует вывод, что применение минеральных удобрений снизило дефицит азота в почве в 2–3 раза (Галеева Л. П., 2011).

По данным А. Х. Шеуджена (2012), в зависимости от выноса азота с урожаем сельскохозяйственных культур ежегодный дефицит азота составляет 20–40 кг/га. Зернобобовые культуры потребляют 4,5–6,8 кг/га азота почвы для формирования 1 ц товарной продукции. Возделывание сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном без внесения удобрений ведет непосредственно к снижению запасов общего азота почвы. Однако применение минеральных удобрений позволяет не только восполнить его дефицит, но и способствует накоплению. Различные системы удобрений севооборотов оказывают существенное влияние на качественный и количественный состав азота почвы.

Черноземы Центрального Предкавказья отличаются низким и очень низким содержанием подвижных форм фосфора, повышенное и высокое его содержание отмечено на незначительных площадях. Максимальное количество подвижных форм фосфора обычно накапливается к ранней весне. Однако их содержание в течение вегетационного периода заметно снижается вследствие питания растений и перехода в трудно доступные формы при недостатке влаги в почве (Горбатко Л. С., Есаулко А. Н., Сигида М. С. и др. 2015).

В засушливые годы при формировании урожая зернобобовые культуры поглощают фосфора меньше, чем во влажные, а калия, напротив, поглощают

больше. Показатели поглощения азота на единицу урожая возрастают при хорошем увлажнении и понижаются при недостаточном (Шеуджен А. Х., 2010, 2012).

В. В. Агеев, А. И. Подколзин (2006) и Е. В. Голосной (2013) в своих исследованиях приводят данные о снижении содержания в севообороте подвижного фосфора – на контроле в среднем на 20 мг/кг за первые 10 лет наблюдений. Насыщение севооборота двойной и тройной дозами минеральных удобрений замедлило скорость снижения содержания подвижного фосфора в 2–4 раза. Данный прием позволяет оставаться почвам в группировке с повышенным содержанием данного элемента.

В процессе исследований систематического применения минеральных удобрений на стационарном опыте Ставропольского ГАУ было отмечено повышение подвижности фосфора на удобренных вариантах. В период 1985–1991 гг. выпадало обильное количество осадков, что способствовало миграции фосфора в подпахотный слой и поглощению глинистыми минералами и оксидами. В последующие годы количество выпадающих осадков снизилось, что привело к повышению содержания подвижного фосфора на 3–4 мг/кг почвы в сравнении с 1991 г. (Есаулко А. Н., 2006, 2008; Агеев В. В., 2008).

В своих исследованиях А. Х. Шеуджен (2015) установил, что возделывание зерно-травяно-пропашного севооборота без внесения удобрений привело к значительному снижению содержания валового фосфора на 2,7–4,5 %. Однако применение системы удобрений в том же севообороте позволило повысить данный показатель на 2,4–6,8 %. Так же, применение удобрений позволило повысить процент содержания минеральных форм азота. Автор отмечает, что фосфатный потенциал почвы снижается вследствие внесения минеральных удобрений. Данная ситуация обусловлена повышением активности в почвенном растворе монофосфат-ионов. Их активность обусловлена формой внесенных фосфорных

удобрений. Так, при внесении суперфосфата двойного наблюдается максимальная активность, обесфторенного фосфора – минимальная.

Обеспечение и насыщение почвы органическим веществом позволяет поддерживать и значительно улучшать физические и биологические свойства почвы. В большей степени это касается структуры почвы, влагоемкости, а также на коллоидных почвах водного и воздушного режимов. В совокупности наблюдается повышение фитосанитарной устойчивости и способности почвы накапливать питательные вещества. Для повышения уровня содержания органического вещества в почве необходимо задействовать весь пригодный сельскохозяйственный органический материал (Коренков Д. А., 1985; Джанаева З. Г., 2008; Пимонов К. И., Шелудяков А. Ф., 2013; Агафонов Е. В., Каменев Р. А., Булыгин А. А., 2015).

По данным В. В. Агеева (2001, 2008) и Е. В. Агафонов, Р. А. Каменева (2017), максимальное потребление калия зернобобовыми культурами в основном зависит от валового содержания его подвижных форм в почве. Вынос калия из почвы напрямую зависит от его валового содержания: чем больше доступного калия в почве, тем больше вынос с урожаем. Однако уровень валового содержания подвижных форм фосфора не отражается на показателях его потребления растениями.

В своих работах А. Н. Есаулко (2012) и Т. С. Айсанов (2013) отмечают снижение обменного калия в черноземе выщелоченном за последние 5 лет наблюдений. Сравнивая 1986 и 2013 гг. можно отметить, что содержание калия на стационарном опыте Ставропольского ГАУ снизилось на 11,2; 9,5; 11,6; 11,8 мг/кг соответственно вариантам опыта. Одними из причин снижения являются: отрицательный баланс элементов питания по севообороту, структура севооборота, применение повышенных доз минеральных удобрений, высокий уровень увлажнения.

В своих исследованиях А. Х. Шеуджен (2015) отмечает, что за три ротации севооборота без применения удобрений содержание валового калия снизилось совершенно незначительно и составило 0,18–0,25 %. Однако

применение удобрений не позволило полностью компенсировать вынос данного элемента. В черноземе выщелоченном калий, вносимый с удобрениями, закрепляется на месте внесения, его миграция по профилю почвы незначительна, ввиду чего калийные удобрения стоит вносить под основную обработку почвы, что способствует попаданию калия в более глубокие слои почвы.

Значительное смещение рН пахотного слоя чернозема выщелоченного вызывается воздействием многих факторов, таких как миграция водорастворимых ионов двухвалентных оснований, воздействие растений севооборота, влияние времени. Повышение значения реакции почвенной среды отмечено в засушливые годы с высокой температурой окружающей среды (Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И. 2008; Коростылев С. А., Новозов В. А., 2009; Calegari A., 2012; Lollato R. P., 2013).

Длительное применение одних и тех же минеральных удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном вызвало значительное повышение кислотности почвы к завершению третьей ротации севооборота и составило 6,0–6,3 на фонах 1 и 2 соответственно. Меньше всего подкислению подверглись варианты с внесением навоза в дозе 40 т/га и соломы без добавления азота, что составило 4,3–5,3 на 1-м и 2-м фоне соответственно (Солдатенко А. Г., Ширинян М. Х., Бугаевский В. К. и др. 2004; Сигида М. С., 2008).

Наряду с макроэлементами в жизни растений чечевицы большое значение имеют мезо- и микроэлементы. Достаточное количество магния положительно влияет на жизнедеятельность клубеньковых бактерий, участвует во многих процессах обмена веществ в растении, входит в состав хлорофилла. Недостаточное же количество данного элемента угнетает растения, ухудшает снабжение органов растения азотом, вызывает преждевременное старение листьев, значительно снижает фотосинтетическую активность (Rudramurthy Н. V., 2011; Агафонов Е. В., 2009, 2012; Шеуджен А. Х., 2012).

А. Х. Шеуджен (2017) в своих исследованиях установил, что возделывание сельскохозяйственных культур оказывает влияние на магниевый режим чернозема выщелоченного, выражающееся в снижении валового запаса элемента в почве. В результате трехлетних наблюдений было отмечено незначительное снижение запаса магния, но данная тенденция с годами будет только усиливаться. Причиной этому служит низкая примесь магния во вносимых NPK удобрениях, в отдельности он не вносится. Однако содержание цинка в черноземе выщелоченном за три ротации севооборота незначительно снижалось, но на вариантах с применением минеральных удобрений содержание подвижных форм цинка увеличивалось.

Для осуществления азотфиксации бобовыми растениями требуется хорошая обеспеченность фосфором и калием в сравнении с питанием из минеральных источников азота (Агафонов Е. В., Агафонова Л. Н., Гужвин С. А., 2005).

Черноземы всех видов являются ценнейшими почвами в сельскохозяйственном отношении. В исследованиях на черноземе выщелоченном у ученых наблюдается тенденция к изучению проблем восстановления плодородия почвы, повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Ситуация вызвана установлением высокого уровня кислотности данного подтипа чернозема, что не является его генетической особенностью (Солдатенко А. Г., 2004; Цховребов В. С., Калугин Д. В., Лысенко В. Я., 2008; Gasior J., 2011).

В своих исследованиях В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, В. Я. Лысенко (2008) установили, что выщелоченный чернозем является одним из подтипов черноземов, который находится в первой стадии деградации. Минеральная основа данной почвы подверглась значительной трансформации в процессе почвообразования. Чернозем выщелоченный испытывает значительный дефицит в следующих элементах питания: фосфор, кальций, сера, медь, марганец, цинк, кобальт, молибден, а также средним или низким содержанием калия. Развитие процессов слитизации наблюдается по

признакам обесструктурирования почвы и появлению глубоких вертикальных трещин.

На основе ряда исследований ученые приходят к выводу о том, что структура почвенного покрова изменяется при длительном применении удобрений и изменяется в худшую сторону. Ухудшение структуры почв разделено на три группы причин: механическое воздействие тяжелой сельскохозяйственной техники, особенно при работе на влажной почве; внедрение одновалентных катионов в почвенный поглощающий комплекс, усиливающееся при внесении физиологически кислых минеральных удобрений; потеря гумуса как основного структурообразующего компонента почвы (Гулякин Л. А., 1997; Солдатенко А. Г., Ширинян М. Х., Бугаевский В. К. и др. 2004; Подколзин А. И., Коростылев С. А., Айсанов Т. С., 2012).

Содержание водорастворимых фосфатов в черноземе выщелоченном значительно меньше в сравнении с их содержанием в обыкновенном. Накоплению тех самых водорастворимых кислот, нитратного азота и влаги способствует глубокая обработка почвы. Применение высоких доз азотных, фосфорных удобрений и пренебрежение внесением калия приводит к постепенному истощению валового запаса калия (Подколзин А. И., Коростылев С. А., Айсанов Т. С., 2012).

Черноземы выщелоченные входят в ряд ценнейших почв в отношении сельскохозяйственного использования. Многие ученые отмечают, что плодородие чернозема выщелоченного определяется в первую очередь его гумусовым состоянием, так как гумус отвечает за важнейшие режимы и свойства почвы. Основным условием повышения гумусированности почвы является внесение высоких доз органических удобрений (навоз). Отмечено, что при внесении навоза в дозе 50 т/га и минеральных удобрений в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$ содержание гумуса в почве увеличивается на 18,6 т/га (Шляпина М. С., 2016).

По данным О. А. Минаковой и Л. В. Александровой (2008), долговременное внесение минеральных и органических удобрений приводит

к необратимым изменениям почв. По результатам 70-летних наблюдений отмечено значительное изменение физико-химических свойств выщелоченного чернозема.

1.3. Влияние удобрений на урожайность и качество семян чечевицы

Поиск наиболее эффективных приемов повышения урожайности особенно ценных, пользующихся широким спросом зернобобовых культур, улучшения качества продукции, обеспечения перерабатывающей промышленности экологически безопасным сырьем является актуальной задачей и имеет важное народнохозяйственное значение в деле стабилизации сельскохозяйственного производства (Кононенко С. И., 2012).

Взаимодействие внешних и внутренних условий питания в конкретной экологической среде является процессом питания растений. Внутренние условия питания представляют собой процесс поступления элементов питания в растение и превращения их в органические соединения типа белков, жиров, углеводов и различных видов ферментов (Агеев В. В., 1992; Шеуджен А. Х., 2010; Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н., Сигида М. С. и др. 2013).

Зернобобовые культуры поглощают питательные вещества из почвы крайне неравномерно. Наиболее интенсивное поглощение питательных элементов приходится на вторую часть вегетационного периода, пик же на период налива семян. Максимальное потребление элементов питания чечевицей и накопление органического вещества наблюдаются в период полного налива семян. Средний показатель выноса элементов питания зернобобовыми культурами на 1 т урожая семян составляет: азота – 58, фосфора – 19, и калия – 33 кг, что в два раза больше в сравнении со злаковыми культурами (Ягодин Б. А. 2002; Шеуджен А. Х., Куркаев В. Т., Котляров Н. С., 2006; Агеев В. В., Подколзин А. И. 2005, 2006).

В процессе разработки, научного обоснования и освоения систем удобрений первостепенным компонентом являются сведения, полученные в процессе исследования длительных опытов. Важнейшим условием опыта является комплексный подход к изучению плодородия почвы и урожайности культур в системе «почва–растение–удобрение» (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Голосной Е. В., 2013).

В зависимости от биологических особенностей зернобобовых культур и условий выращивания фиксация азота, содержащегося в атмосфере, колеблется в широких пределах от 10 до 300 кг/га в год, а также часто отсутствует вовсе (Шафран С. А., Сычев В. Г., 2015).

В случаях неэффективности симбиоза применение азотных удобрений с большей силой угнетает развитие клубеньков, вследствие чего значение фиксации азота значительно снижается (Агафонов Е. В., Воронин С. Н., Агафонов Л. Н., 1992; Самаров В. М., Тарасенко А. И., 2012).

При расчете доз удобрений для зернобобовых культур, в том числе и чечевицы, немаловажно корректировать существующие методы расчета. Применение минеральных удобрений должно опираться на показатели выноса и максимального потребления (Агафонов Е. В., Пугачев Е. И., Пимонов К. И., 2008; Агеев В. В., 2008).

В своих исследованиях Н. А. Воронкова (2013) отмечает, что системное применение в севообороте органических удобрений, а именно навоза КРС, в дозе 10 т/га повысило содержание гумуса на 0,26 %. Однако повышение содержания гумуса на 0,41 % отмечено в варианте с внесением комплекса минеральных и органических удобрений в дозе $N_{28}P_{65}K_{28} + 10$ т/га навоза.

По мнению ряда ученых, применение удобрений в севооборотах на черноземах Ставропольского края приводит к увеличению активности почвенных микроорганизмов, которые перерабатывают органофосфаты и растворяют труднодоступные соединения фосфора. В свою очередь, создается благоприятная среда для азотфиксирующих бактерий, что

улучшает азотное питание растений (Агеев В. В., 1999; Агеев В. В., Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И. и др., 2008).

Применение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур неразрывно связано с применением удобрений, которые оказывают значительное влияние, на плодородие черноземов, являясь мощнейшим антропогенным фактором воздействия. В связи с этим количественные и качественные показатели черноземов меняются, даже несмотря на высокую устойчивость гумусового состояния (Бельчикова Н. П., 1965; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2006; Есаулко А. Н., 2006; Богуславская Н. В., 2007; Пимонов К. И., Михайличенко Е. Н., Трегубов А. М., 2017).

Попадая в почву, удобрения начинают с ней взаимодействовать. Происходит обогащение питательными веществами, изменение реакции почвенной среды, возрастает интенсивность физических, химических, физико-химических и биологических процессов. В свою очередь, удобрения подвергаются воздействию почвы, изменяются, превращаются в различные формы, изменяется растворимость и доступность питательных веществ для растений (Gastal F., 2002; Ягодин Б. А., 2002; Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И., 2006).

Коэффициент использования элементов питания зависит от влажности почвы и активности симбиоза. При оптимальной влажности и активной фиксации азота усвоение растениями фосфора и калия из почвы составило соответственно 18–22, 20–25 %, а из удобрений Р – 35-40, К – 65-80 % (Агафонов Е. В., Гужвин С. А., 2011).

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 (Минеев В. Г., 2004; Галда Д. Е., 2014, 2015).

При внесении минеральных, фосфорных и калийных удобрений при прочих благоприятных условиях активность азотфиксирующих бактерий значительно усиливается, что влечет повышение урожайности зернобобовых культур до 2,5–2,7 т/га. В случае оптимального увлажнения в течение периода формирования и налива семян урожайность возрастает до 3 т/га (Вавилова П. П., Посыпанова Г. С., 1983; Агафонов Е. В., Агафонова Л. Н., Гужвин С. А., 2004).

Различные зернобобовые культуры имеют не одинаковую реакцию на внесение минеральных фосфорных и калийных удобрений. Наименьшую отзывчивость на внесение удобрений имеет желтый и узколиственный люпин. При внесении фосфорных и калийных удобрений в дозе 70–230 кг/га урожайность люпина не изменилась в сравнении с контролем. Однако фасоль, горох и чечевица более отзывчивы на внесение удобрений и значительно повышают урожайность семян (Самаров В. М., Ганзеловский Е. В., 2015; Пимонов К. И., Ионов Д. Ф., 2017).

В случае с кислыми почвами, когда клубеньки на растениях не образуются при достаточном увлажнении и внесении больших доз фосфорных и калийных удобрений, урожайность бобовых не повышается. В этом случае лимитирующим фактором выступает недостаток азота (Агафонов Е. В., Пимонов К. И., Пугачев Е. И., 2010).

Внесение минеральных азотных удобрений всегда повышает урожайность бобовых культур в случаях, когда клубеньки не образуются или имеются в недостаточном количестве. В данном случае наиболее 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 (Шеуджен А. Х., Куркаев В. Т., Онищенко Л. М., 2006; Шеуджен А. Х., 2017).

В годы с недостаточным увлажнением азотные удобрения практически не влияют на урожайность зернобобовых культур. Единственным способом повышения урожайности в сложившейся ситуации остается орошение (Завалин А. А., Соколов О. А., 2016).

При благоприятных почвенно-климатических условиях и хорошо развитом азотфиксирующем аппарате внесение азотных удобрений в дозах 90–150 кг д.в./га приводит к угнетению симбиотического аппарата зернобобовых культур, а также данного количества удобрений недостаточно для формирования высокого урожая. Малые дозы удобрений 20–40 кг/га также неэффективны в любых случаях (Шеуджен А. Х., Куркаев В. Т., Онищенко Л. М., 2006).

По данным многолетних исследований можно сделать вывод, что урожайность чечевицы на 40–50 % зависит от минеральных удобрений. Зачастую минеральные удобрения непосредственно под чечевицу не вносят, если они были внесены под предшествующую культуру. В первую очередь это касается азотных удобрений, так как благодаря азотфиксации чечевица покрывает недостаток азота. На бедных органическим веществом почвах возникает необходимость использовать азотные удобрения, в связи с этим удобрения лучше всего вносить под зяблевую вспашку. Не редки случаи, когда азотные удобрения в дозах N_{19-20} вносят в первые фазы развития (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Кизинек С. В. 2015; Шеуджен А. Х., 2017)

Особенности биологии чечевицы и ее минерального питания имеют решающее значение при рассмотрении вопроса системы удобрений. Наиболее отзывчива чечевица на внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе $P_{45}K_{45}$ под предшествующую культуру (Шеуджен А. Х., 2017).

Минеральные удобрения следует вносить под предшествующую культуру в основном севообороте. В бывшей Чехословакии с целью промышленного выращивания чечевицы проводились пятилетние исследования, в результате которых была установлена оптимальная доза внесения удобрений – $N_{30}P_{42-50}K_{70-80}$ (Herced J., 1978).

По мнению Д. Петкова (1999), фосфорно–калийные удобрения целесообразно вносить осенью, а азотные – перед посевом. В изучаемых опытах семена обрабатывали молибдатом аммония. 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. Данный прирост урожайности обусловлен улучшением фиксации азота из воздуха бактериями.

Многолетние опыты свидетельствуют о высокой эффективности в зоне с достаточным увлажнением фосфорной муки для зернобобовых культур. Довольно часто фосфорная мука, как источник фосфора, действует на эти культуры сильнее суперфосфата даже в одинаковых по фосфору дозах. Все это дает основание считать, что под зерновые бобовые культуры в качестве основного фосфорного удобрения следует в основном использовать фосфорную муку и другие водонерастворимые формы фосфорных удобрений и их лучше с осени под глубокую вспашку (Баздырев Г. И., 2000; Минеев В. Г., 2004).

Внесение осенью полного удобрения $N_{30}P_{45}K_{30}$ на Петровской селекционной опытной станции повышало урожай чечевицы в среднем за два года на 0,13 т/га. По унавоженному предшественнику азот вообще не следует вносить. Однако, согласно исследованиям ученых Воронежского с.-х. института, прибавка урожая от внесения фосфорной муки (90 кг/га) и суперфосфата (45 кг/га) составила 12 и 16 %. Из этого можно сделать вывод, что правильное и сбалансированное использование минеральных удобрений позволяет получить более высокие урожаи (Пылов А. П., 1975).

Навоз и другие органические удобрения не рекомендуется вносить непосредственно под чечевицу, так как в этом случае она «жирует» и должна высеваться после применения на второй или третий год. Азотные удобрения бывают полезными только в начале роста и развития растений, пока на корнях не сформировались полностью клубеньки. Если почва кислая, то обязательно должна вноситься известь под культивацию. Установлена высокая эффективность применения фосфорно-калийных удобрений под

зяблевую вспашку P_{40-60} и K_{30-40} , и рядкового припосевного внесения небольшой дозы фосфора. Обработка семян перед посевом нитрагином или азоторфином способствует повышению средней урожайности на 0,3 т/га (Коломейченко В. В., 2007; Галда Д. Е., 2014, 2015).

В. М. Леонтьев (1966) и Б. А. Ягодин (2016) подтверждают, что чечевица хорошо отзывается на внесение навоза под предшествующую культуру, а в некоторых местах даже при внесении под нее. Существенную прибавку урожая и улучшение его качества дают минеральные удобрения. Лучшими считаются фосфорно-калийные. Опыт передовых хозяйств показывает, что урожай семян чечевицы от внесения 45–90 кг д.в/га фосфорных удобрений повышается на 12–16 % по сравнению с урожайностью на удобренных вариантах. Лучшие сроки внесения фосфорных и калийных удобрений – под зябь, можно и весной под предпосевную культивацию. Азотные минеральные удобрения, как правило, под чечевицу не вносят.

На черноземах при недостатке минеральных удобрений под горох, чину, фасоль, чечевицу и нут азотные удобрения можно не применять, а на менее плодородных почвах целесообразно внесение полного минерального удобрения в дозах $N_{20-30}P_{40-60}K_{40-60}$. Под зернобобовые на юге России в черноземные почвы рекомендуется вносить P_{8-10} в рядки при посеве, а при наличии удобрения $P_{30-40}K_{30-40}$ под вспашку (Минеев В. Г., 2004; Шляпина М. С., Гладков Д. В., 2015; Есаулко А. Н., Галда Д. Е., 2016).

Известны случаи, когда чечевица не завязывает плоды. По этим причинам она не переносит свежего навоза и высоких норм минеральных удобрений (Леонтьев В. М., 1966).

При возделывании чечевицы на семена навоз следует вносить непосредственно под предшествующую культуру. На последствие навоза эта культура очень отзывчива. При использовании чечевицы на корм, навоз следует вносить непосредственно под нее 30–35 т/га, что повышает урожайность зеленой массы на 50–60 % (Шеуджен А. Х., 2006, 2012, 2017).

Индийские ученые под чечевицу в почву вносили $N_{20}P_{50}$. Семена чечевицы обрабатывали штаммами ризобиум и двумя культурами азотобактера, которые использовали как в чистом виде, так и в семенах. Наиболее эффективной была обработка смесью клубеньковых бактерий и азотобактера, которая обеспечила получение 1,9 т/га семян и 3,01 т/га стеблевой массы (Демьянова Н. И., Демьянова Е. И., Елисеева Л. В., 2017).

В случаях недостаточного содержания питательных элементов в почве при освоении новых севооборотов или внесении малого количества удобрений под предшествующую культуру целесообразно вносить удобрения непосредственно под чечевицу. Внесение удобрений осенью под зяблевую вспашку является наилучшим вариантом, но также допускается весной под предпосевную культивацию (Леонтьев В. М., 1966; Абросимов А. С., 2013; Ханиева И. М., Канукова К. Р., Мамбетов М. М., 2013; Солодовников А. П., Шестеркин Г. И., Линьков А. С., Даренков А. С., 2014).

На основании многочисленных исследований, Леонтьев В. М. (1966) исходя из биологических особенностей чечевицы и эффективности минеральных удобрений считает, что с особой осторожностью следует вносить азотные удобрения. Использовать их следует в исключительных случаях в виде подкормок при плохом росте растений в начале развития.

Предпосевная обработка семян макро- и микроэлементами необходима для обеспечения дружных и полных всходов (Каргин И. Ф., Букин С. Л., Перов Н. А., 2007; Пугач Е. И., Иванищева Н., Маньшина А., 2015).

Черноземы и каштановые почвы юга России имеют низкую обеспеченность цинком. Цинк – важнейший микроэлемент в питании чечевицы. Валовое содержание цинка находится на уровне 24-90, а доступные формы на уровне 2,0-10 мг/кг почвы, что составляет 10–15 % от валового содержания. На нейтральных и слабощелочных почвах наиболее ярко выражен недостаток цинка, это связано снижением подвижности цинка известью (Каштанов А. Н., 1983; Кормакова И. Ю., 1998; Ягодин Б. А., 2016).

В своих исследованиях И. С. Кузнецов, А. А. Абросимов (2006) пишут о том, что обработка семян чечевицы 0,01 % раствором сернокислого кобальта увеличила полевую всхожесть, а повышение дозы до 1 % вызвало угнетение всходов.

Замечено, что известкование почв положительно влияет на белковость и другие показатели качества зернобобовых культур. В некоторой степени это можно объяснить положительным действием молибдена, поскольку при известковании подвижность этого элемента и доступность растениям возрастают. В опытах П. П. Вавилов (1983), при добавлении в питательную среду 0,001 % раствора молибдена аммония натрия процесс фиксации атмосферного азота у азотобактера увеличивается на 600–700 % по сравнению с контролем.

В результате исследований было выявлено, что наиболее эффективным удобрением является Мо при концентрации 1,0 %. В результате было получено содержание белка на контроле – 27,81 %, при обработке Мо – 28,44 % (Помогаева А. И., 1971; Демьянова Н. И., Демьянова Е. И., Елисеева Л. В., 2017).

В вегетационных опытах до посева чечевицы вносили $N_{20}P_{40}K_{20}$. Доза бора составила: 0,5; 1; 2; 4 и 9 мг/л. Масса растений чечевицы в опыте снижалась по мере увеличения дозы бора. Содержание NPK в растениях возрастало при внесении борного удобрения, а содержание Са и Mg снижалось (Самаров В. М., Тарасенко А. И., 2011).

Одну из главных ролей в минеральном питании чечевицы и развитии азотфиксирующих бактерий играет кальций. В почвах с низким содержанием кальция клубеньки на корнях чечевицы не образуются, следовательно, возникает потребность в известковании. Доза извести должна быть довольно высокая для поддержания активности ризобиума. В 1913 г. С. И. Плотниковым было предложено проводить инокуляцию семян чечевицы азотфиксирующими бактериями либо вносить на новые участки почву с полей, где выращивали чечевицу. Благодаря этому прибавка достигает 30 %

(Кузнецов И. С., 2006; Кондыков И. В., Янова А. А., Бутримова Н. А. и др. 2012).

Обработка семян микроэлементами, такими как Zn, Fe, Mn, Mo, B, Cu, ускоряет рост растений чечевицы, увеличивает массу и количество клубеньков, способствует развитию корней, улучшает плодообразование, повышает содержание белка в семенах чечевицы на 0,77–1,57 %. Наиболее эффективным является прием обработки семян 1 % раствором молибденовокислого аммония (Леонтьев В. М., 1966; Кузнецов И. С., Абросимов А. А., 2006; Васин В. Г., 2017).

Подводя итоги представленного литературного обзора, можно отметить, что сведения по влиянию минеральных удобрений, вносимых под чечевицу, особенно при применении в условиях черноземных почв, малочисленны и весьма противоречивы. Решению проблемы по влиянию минеральных удобрений на урожайность и качество сортов чечевицы на черноземе выщелоченном Центрального Предкавказья посвящена представленная диссертация.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

2.1. Почвенно-климатические условия

Исследования полевого опыта проводились в период 2014–2016 гг. на территории опытной станции ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета, которая расположена в п. Демино, Ставропольского края на расстоянии 15 км от г. Ставрополя. Исследования почвенных и растительных проб проводились на базе лаборатории Агрохимического анализа кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета.

Опыт расположен на высоте 500–550 м над уровнем моря, в пределах Ставропольской возвышенности. Рельеф территории – слабоволнистая равнина, мезорельеф – северный пологий склон с крутизной около 7 °С.

Агрохимическая характеристика почвенного покрова. Почвы опытного участка представлены черноземом выщелоченным, мощным, среднегумусным, тяжелосуглинистым. Данный тип почвы имеет высокое потенциальное плодородие. В момент закладки почва опытного участка характеризовалась средними агрохимическими показателями – содержания органического вещества (5,3–5,6 %), подвижных форм фосфора (24–28), обменного калия (240–290), нитрификационная способность (16–30 мг/кг). Реакция почвенного раствора в пахотном слое почвы была нейтральна и находилась на уровне 6,1–6,5 ед. рН. Содержание в верхнем слое почвы общего азота составило 0,23–0,25, общего фосфора 0,13–0,15, общего калия – 2,2–2,4 %.

Почвы опытной станции относительно хорошо обеспечены подвижными формами микроэлементов. По результатам последнего агрохимического обследования обеспеченность микроэлементами следующая: марганец – средняя (16), цинк – низкая (0,7), бор – высокая (2,87), сера – высокая (13,4 мг/кг). Содержание тяжелых металлов в пахотном

слое почвы не превышало ПДК и составило: марганец – 346 мг/кг, кадмий – 0,38, кобальт – 7,1, стронций – 8,44, медь – 11,8, свинец – 13,38, никель – 24,27, хром – 35 мг/кг почвы.

Особенностью чернозема выщелоченного, тяжелосуглинистого является высокое содержание высокодисперсных илистых частиц. В 0–20 см слое почвы емкость поглощения составляет 40–41 мг-экв/100 г почвы. Подавляющая часть поглощенных оснований – это Са, что составляет 29–30 мг-экв/100 г почвы. Сложение почв плотное, показатели находятся в пределах 1,27–1,44 г/см³.

Таким образом, обобщив изложенный материал, мы пришли к выводу, что почва опытного участка – чернозем выщелоченный, мощный, тяжелосуглинистый – имеет комковатую структуру, хорошо обеспечена элементами питания растений. Реакция почвенной среды нейтральная, что создает благоприятные условия для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, включая чечевицу.

Климат. Одним из важнейших факторов, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных культур, являются климатические условия. Показатели тепло- и влагообеспеченности играют одну из главных ролей при выборе места расположения опытного участка.

Согласно температурным условиям и влагообеспеченности полевой опыт был расположен на стыке зон умеренного и неустойчивого увлажнения. Климат характеризуется продолжительным жарким летом, теплой осенью и мягкой зимой. Наиболее неблагоприятным фактором для возделывания сельскохозяйственных культур в данном регионе служит нестабильность температурного режима в весенний период. Средняя месячная температура самого холодного месяца, января – 5,0 °С, самого тёплого месяца, июля, +21,9 °С.

Снег выпадает в начале ноября. В течение зимы довольно часты оттепели, поэтому высота снежного покрова не превышает 10–12 см. Максимальная высота снежного покрова 15–20 см, а глубина промерзания

почвы – 25 см. Можно отметить неустойчивую продолжительность зимы – 85–110 дней. Абсолютный минимум температуры воздуха может достигать –32°C. Сход снежного покрова и устойчивый переход среднесуточных температур через отметку +5 °С отмечается в конце марта – начале апреля. Также в марте отмечено наступление кратковременных заморозков. Почва до температуры 8–12 °С прогревается к концу апреля – началу мая. Однако нередко в этот период наблюдаются кратковременные заморозки, чередуемые ливневыми осадками. Лето жаркое – среднемесячная температура июня 24–26 °С.

В условиях землепользования опытной станции СтГАУ уровень выпавших осадков в среднем за годы достиг 551 мм, в том числе в вегетационный период растений 310–350 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Основные агроклиматические показатели по данным метеостанции г. Ставрополь

Показатель	Величина
Годовая сумма осадков (мм)	551
В т. ч. за период с $t \geq 10$ °С	310–350
Среднегодовая температура воздуха (°С)	9,2
Сумма температур за период с $t \geq +10$ °С	3000–3200
Гидротермический коэффициент	1,1–1,3
Запасы продуктивной влаги к началу вегетации в слое почвы 0–100 см (мм)	160–200
Продолжительность безморозного периода, (дней)	180–190
Число суховейных дней	61

Сумма активных температур в районе опытного участка находится в пределах 3000–3200 °С, ГТК при этом составляет 1,1–1,3. Согласно схемы агроклиматического районирования Ставропольского края, приведенной Г. Х. Бадаховой, А. В. Кнутас (2007), место проведения опыта соответствует границе умеренно влажной зоны и зоны неустойчивого увлажнения.

Опираясь на данные многолетних исследований климатические условия опытной станции благоприятны для возделывания чечевицы и получения стабильных высоких урожаев культуры.

2.2. Объект исследования и схема опыта

Исследования были проведены в 2014–2016 гг. на экспериментальном участке, расположенном на землепользовании опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета.

Объектом исследования являлись сорта чечевицы Веховская и Канадская.

Характеристика сорта Веховская: высота растений 30–36 см. Листочки удлинено-овальные, цельнокрайние. Бобы 2–3-семянные, ромбической формы, с заостренной верхушкой. Семена крупные, округло-плоские, гладкие, без рисунка, зеленовато-желтые. Средняя урожайность в зоне – 1,36 т/га. Максимальная урожайность, 2,14 т/га получена в 1999 году в Пензенской области. Среднеспелый, вегетационный период 72–78 дней. Устойчивость к полеганию, осыпанию, засухе выше средней – высокая. Масса 1000 семян 65–80 г. Содержание белка в семенах около 28 %, товарные и кулинарные качества отличные.

Характеристика сорта Канадская: высота растений 29–34 см. Листочки удлинено-овальные, цельнокрайние. Бобы 2–3-семянные. Семена без рисунка, округло-плоские, мелкие, гладкие, зеленовато-коричневые. Среднеспелый, вегетационный период 67–72 дней. Устойчивость к засухе выше средней - высокая. Масса 1000 семян 52–67 г. Содержание белка в семенах около 26 %. Отлично разваривается, обладает хорошими кулинарными качествами.

В годы исследований предшественником для чечевицы была озимая пшеница. В качестве **предмета исследования** выступили дозы минеральных удобрений и их влияние на урожайность сортов чечевицы. Опыт –

двухфакторный, относительно контроля (без удобрений) изучалось влияние минеральных удобрений в дозах $P_{40}K_{30}$ – рекомендованная по В. Г. Минееву (2004) для черноземов выщелоченных, и $N_{25}P_{45}K_{18}$ – рассчитанная на планируемую урожайность в 2,0 т/га по методикам В. В. Агеева (2005) и А. Н. Есаулко (2006). Нормы, соотношения и дозы минеральных удобрений устанавливались по результатам текущих анализов и растительной диагностики в соответствии с уровнем планируемой урожайности и ежегодно уточнялись. Были использованы следующие удобрения: аммиачная селитра, аммофос, суперфосфат, калий хлористый. Удобрения вносились до посева под ранневесеннюю вспашку.

Схема закладки опыта следующая: длина делянки – 15, ширина – 3; ширина боковой защитной полосы 0,5, концевых – 2 м. Площадь опытной делянки составила 45 м^2 , учетная площадь – 30 м^2 (рисунок 1).

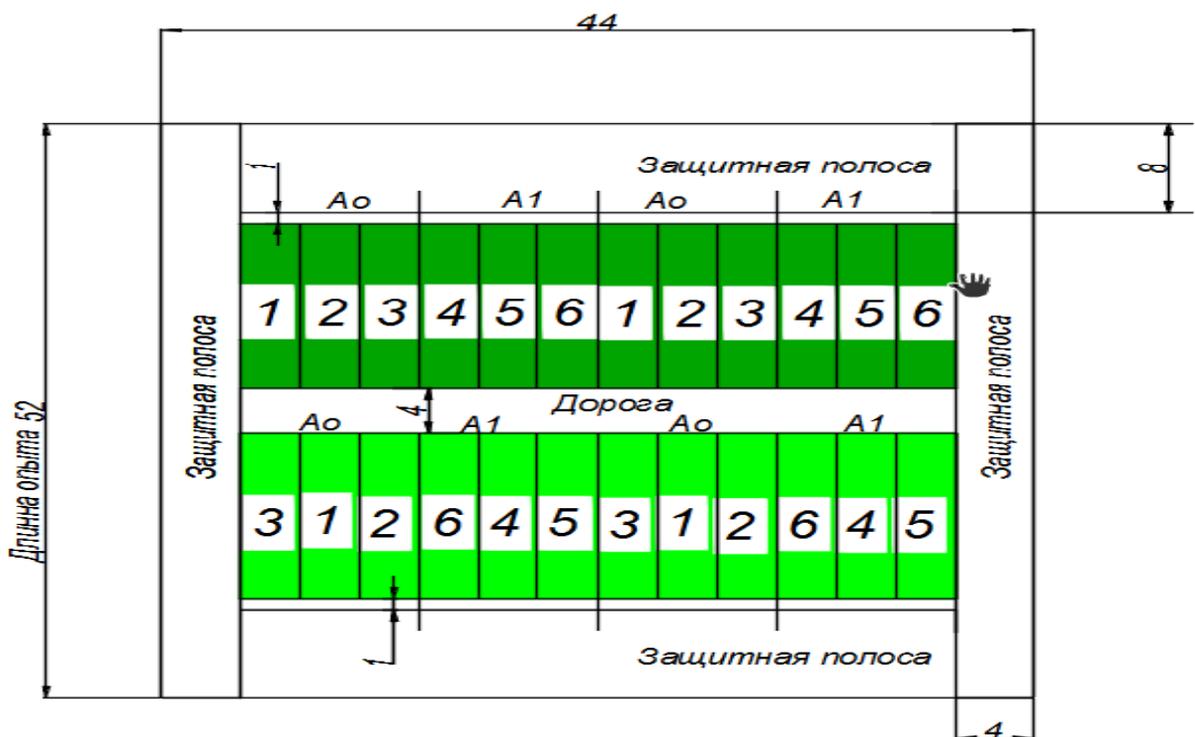


Рисунок 1 – Схема размещения опыта

A_0 – сорт Веховская, A_1 – сорт Канадская; Варианты: 1 – контроль, сорт Веховская, 2 – рекомендованная доза, сорт Веховская; 3 – расчетная доза, сорт Веховская, 4 – контроль, сорт Канадская, 5 – рекомендованная доза, сорт Канадская, 6 – расчетная доза, сорт Канадская

Исследования проводились на двухфакторном опыте, заложенном в четырехкратной повторности с двухъярусным размещением делянок. Размещение повторностей – сплошное, вариантов – по методу расщепленной делянки. По фактору **A** изучались два сорта – A_0 (Веховская), A_1 (Канадская). По фактору **B** изучались дозы удобрений: 0 – без удобрений, 1 – рекомендованная В. Г. Минеевым (2004) доза удобрений, 2 – расчетная доза по методике В. В. Агеева (2005) и А. Н. Есаулко (2006).

2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований

В процессе исследования проводились следующие наблюдения, учеты и анализы:

1) Почвенные анализы:

- продуктивная влага – весовым методом по Б. А. Доспехову (1985);
- рН в водной суспензии, ГОСТ 26483–85, 26490–85;
- содержание нитратного азота – с помощью ионоселективного электрода, ГОСТ 26951–86;
- содержание аммонийного азота – калориметрированием с реактивом Несслера, ГОСТ 26489–85;
- подвижный фосфор и обменный калий – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205–91;

Отбор почвенных проб (послойно, с глубины 0–10, 10–20 и 20–30 см) и их анализ приурочены к основным фазам развития чечевицы: всходы, ветвление, цветение, полная спелость.

2) Наблюдения и учеты в течение вегетации культуры:

- фенология, густота растений по фазам развития, динамика линейного роста, накопление сухой биомассы, структура урожайности по методике Госсортоиспытания (1991);
- содержание в растениях азота, фосфора и калия по В. Г. Минееву (2004);
- учет урожая методом прямого комбайнирования с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике

Госсортоиспытания (1991);

- анализ качества семян чечевицы: белок (ГОСТ 10846–86); определение жира (ГОСТ 29033-91); определение массы 1000 зерен (ГОСТ 10842–76);
- математическая обработка экспериментальных данных (Доспехов Б. А., 1985).

Отбор растительных проб и их анализ приурочен к основным фазам развития чечевицы: всходы, ветвление, цветение, полная спелость.

2.4. Погодные условия в годы проведения исследований

Научно доказано, что ведение сельского хозяйства с высокой долей эффективности находится в тесной зависимости от климатических и погодных условий. Одним из основных факторов, влияющих на формирование высоких стабильных урожаев хорошего качества, является режим увлажнения. Необходимо отметить, что огромное значение при возделывании сельскохозяйственных культур играет не только общая сумма осадков, выпавших в период вегетации, но и их распределение по фазам развития культуры.

За годы исследований погодные условия оказали определяющее значение на продуктивность чечевицы, так как территория опытной станции СтГАУ ввиду своих геоклиматических особенностей и сложного рельефа местности отличается неустойчивостью погоды и множеством неблагоприятных явлений. Динамика выпадения осадков за годы исследований приведена на рисунке 2 (приложение 1), а температурный режим воздуха на рисунке 3 (приложение 2).

Погодные условия в 2014 году для роста и развития чечевицы можно считать удовлетворительными.

Условия увлажнения зимнего периода (январь, февраль) 2014 года были удовлетворительны ввиду неустойчивого снежного покрова и невозможности проведения обработки почвы для сохранения влаги.

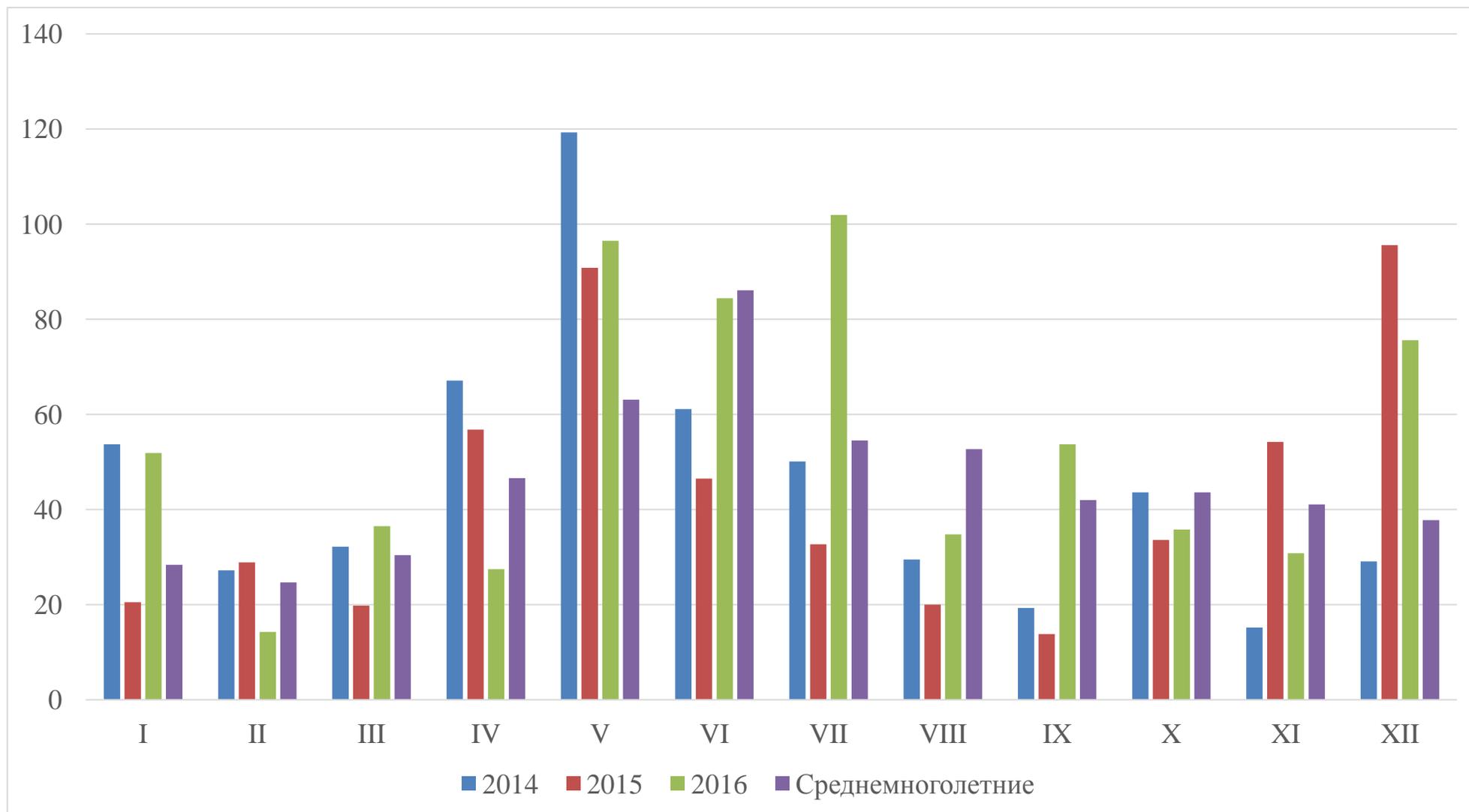


Рисунок 2 – Динамика выпадения осадков (мм) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2014–2016 гг.

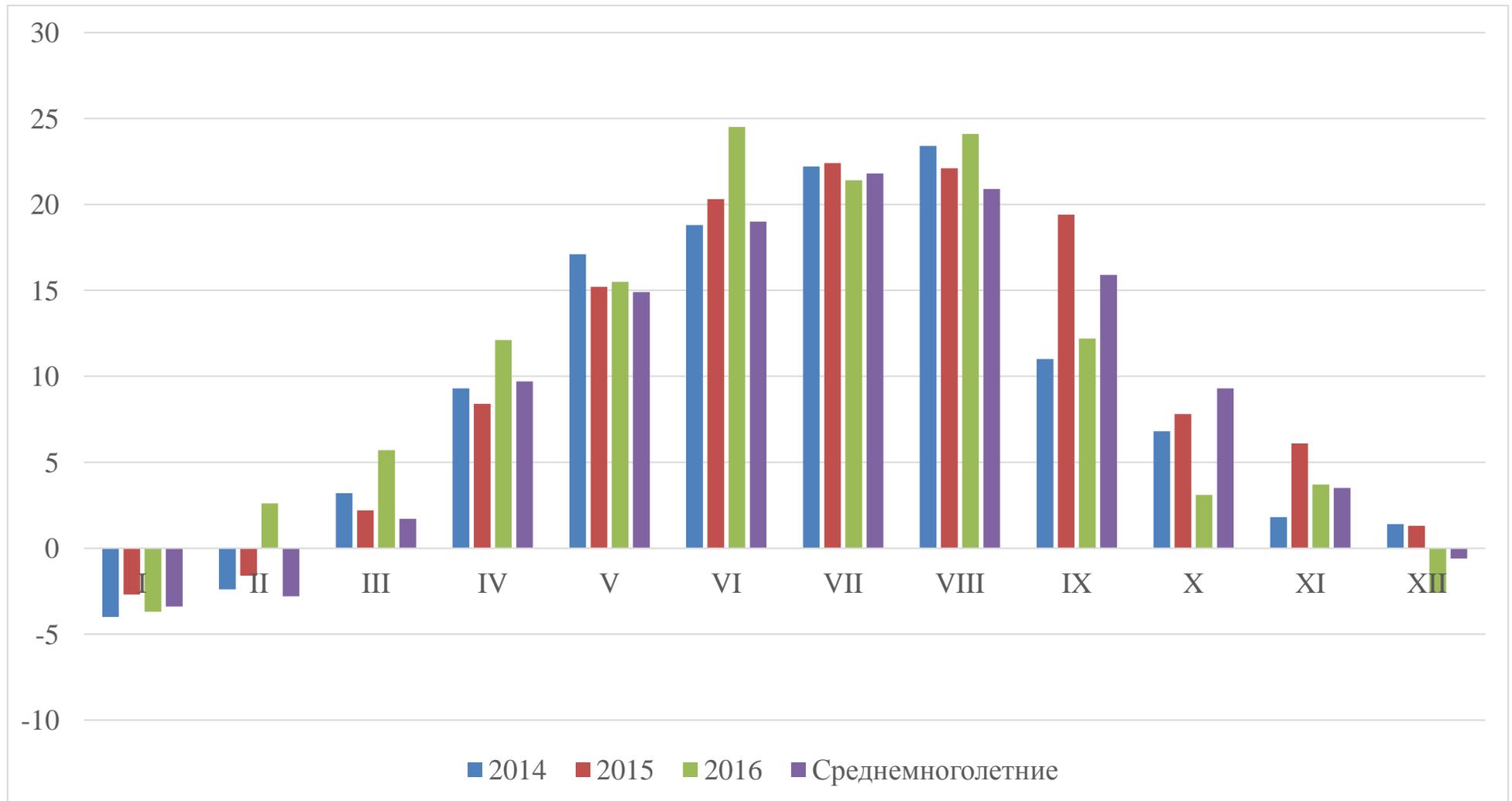


Рисунок 3 – Температурный режим воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2014–2016 гг.

Сумма выпавших осадков в январе составила 53,7 мм, что превысило среднемноголетний показатель на 25,3 мм, наблюдалось обильное выпадение осадков в виде снега. Аналогичная ситуация наблюдается в феврале, где количество осадков пусть и незначительно, но выше нормы на 2,7 мм и составляет 27,2 мм. Январь выдался морозным, средняя температура составила -4 °С, что на $0,6$ °С ниже в сравнении со среднемноголетним показателем. В связи с кратковременным потеплением во второй декаде февраля сумма температур оказалась выше нормы на $0,4$ °С и установилась на отметке $-2,4$ °С. Общее количество выпавших осадков в период от уборки предшественника до всходов культуры составило 344,1 мм, что значительно выше аналогичных периодов 2015, 2016 гг.

В весенний период отмечены ярко выраженные неблагоприятные факторы, которые отрицательно сказались на росте и развитии растений чечевицы. В марте на фоне оптимального увлажнения на уровне 32 мм, не значительно превышавшего норму, наблюдалось существенное повышение температурного режима относительно многолетнего показателя на $1,5$ °С. Весна была ранней, сход снежного покрова отмечен в первой декаде марта. Высокий уровень увлажнения (67,1 мм) в апреле характеризовался ливневым выпадением осадков в третьей декаде месяца и превысил среднемноголетний показатель на 20,5 мм. На фоне увеличения уровня осадков наблюдалось понижение среднемесячной температуры на $0,4$ °С и составило $9,4$ °С. Данная ситуация позволила произвести посев чечевицы в оптимальные сроки. Важно отметить, что благодаря влаге, накопленной в течение зимы, и осадкам, выпавшим за месяц, наблюдались дружные всходы чечевицы. В период развития всходы – ветвления выпало 99,5 мм осадков, что выше среднемноголетнего показателя на 15,2 мм.

Наиболее неблагоприятным для роста и развития культуры оказался май. Уровень увлажнения данного месяца превысила норму на 56,2 мм, составив 119,3 мм, а ливневый характер выпадения осадков во второй декаде месяца способствовал смыву неокрепших растений чечевицы.

Среднемесячная температура $17,1^{\circ}\text{C}$ превышала многолетний показатель на $2,2^{\circ}\text{C}$. Сумма осадков за период ветвления – цветения составила $91,9$ мм, что незначительно ($1,5$ мм) выше среднемноголетней нормы.

Таким образом, подытожив описанное выше, можно сделать вывод, что неблагоприятные погодные условия весеннего периода, в особенности ливневый характер выпадения осадков в фазы всходов и ветвления, негативно повлияли на формирование урожайности культуры.

Неудовлетворительно складывались условия летнего периода 2014 года. На фоне понижения среднемесячной температуры июня ($18,8^{\circ}\text{C}$) на $0,2^{\circ}\text{C}$ в сравнении с многолетним показателем снижалось до $61,1$ мм количество выпавших осадков, что ниже нормы на 25 мм. Дефицит влаги в фазу ветвления и цветения отрицательно сказался на формировании урожая культуры. В июле отмечено повышение среднемесячной температуры на $0,4^{\circ}\text{C}$ в сравнении с многолетним показателем и установление на уровне $22,2^{\circ}\text{C}$. Аналогично с предыдущим месяцем уровень осадков в июле ($50,1$ мм) в сравнении с нормой снизился на $4,4$ мм. В первой декаде июля, что соответствует концу фазы цветения, отмечено низкое количество выпавших осадков. Нами отмечен недостаток влаги в критические фазы развития культуры. В межфазный период цветения – полной спелости выпало осадков на $10,1$ мм меньше среднемноголетнего показателя, что составило $43,6$ мм. Однако редкое выпадение осадков в период созревания чечевицы позволило провести уборку в надлежащие сроки.

Первые месяцы 2015 года отличались температурным режимом, существенно повышенным относительно среднемноголетних показателей. Среднемесячная температура января составила $-2,7^{\circ}\text{C}$, что превысило среднемноголетний показатель на $0,7^{\circ}\text{C}$; в феврале температура воздуха находилась на отметке $-1,6^{\circ}\text{C}$, была не существенно, но выше многолетнего показателя на $1,4^{\circ}\text{C}$. На фоне данных температур уровень осадков в виде снега в январе установился на уровне $20,5$ мм, что на $7,9$ мм ниже нормы. Снежный покров января был довольно неустойчив. В феврале уровень

выпавших осадков значительно возрос в сравнении с многолетним показателем и составил 28,9 мм. Большая часть осадков выпала в конце января – первой декаде февраля. В конце февраля осадков не наблюдалось. Благодаря чему была проведена обработка почвы, позволяющая сохранить влагу.

Сход снежного покрова отмечен в третьей декаде февраля. Среднемесячная температура марта 2,2 °С, что выше среднемноголетнего показателя на 0,5 °С. В марте наблюдается дефицит выпавших осадков в сравнении с многолетним показателем, который составил 19,8 мм, что на 10,6 мм ниже нормы. Период от уборки предшественника до всходов оказался одним из самых засушливых, количество выпавших осадков (225 мм) на 73 мм ниже среднемноголетнего значения.

В апреле нами отмечены частые заморозки, в связи с чем в среднем за месяц температура снизилась на 1,3 °С и составила 8,4 °С. В мае снова отмечен рост температуры на 0,3 °С в сравнении с многолетним показателем. Уровень осадков в апреле и мае вырос – 56,8 и 90,8 мм, в сравнении с многолетними показателями прирост составил 10,2 и 27,7 мм соответственно. Осадки в весенний период распределились довольно равномерно, исключение составляют ливни во второй декаде мая, что, в свою очередь, оказало негативное влияние на урожайности культуры.

Количество выпавших осадков в межфазный период всходов – ветвления было незначительно ниже (на 7 мм) среднемноголетнего показателя и составило 77 мм.

Погодные условия летнего периода 2015 года можно охарактеризовать как удовлетворительные. В целом лето оказалось засушливым. Повышенная температура июня (20,3 °С) в среднем на 1,3 °С и сниженное количество осадков на уровне 46,5 мм в сравнении с многолетними показателями привели к уменьшению содержания влаги в почве. Общее количество осадков в межфазный период ветвления – цветения снизилось в сравнении с нормой на 20 мм и составило 70 мм.

Температурный режим июля был выше многолетнего показателя на $0,6^{\circ}\text{C}$, а количество выпавших осадков ниже на 21,8 мм. Крайне низкое количество осадков (28,4 мм) наблюдается в период цветения – полной спелости, которое почти в два раза ниже среднемноголетнего значения. Сложившиеся погодные условия оказались наиболее благоприятными для созревания чечевицы, а также позволили провести уборку урожая в оптимальные сроки.

В целом 2015 год за время исследований оказался самым засушливым. Среднегодовой дефицит осадков составил 38 мм, а их неравномерное распределение оказало существенное влияние на продуктивность чечевицы.

Нами отмечено, что 2016 год начался с обильного выпадения осадков в январе (51,9 мм), значение которых превысило среднемноголетний показатель на 26,5 мм, наблюдалось обильное выпадение осадков, а также устойчивый снежный покров. Средняя температура января оказалась ниже многолетнего показателя на $0,3^{\circ}\text{C}$. Однако февраль оказался не столь щедр на осадки, их количество составило 14,3 мм, что ниже многолетних данных на 10,4 мм. Однако температура февраля ($2,6^{\circ}\text{C}$) выше среднего показателя на $5,4^{\circ}\text{C}$.

В марте на фоне повышенного режима увлажнения (36,5 мм), превышающего многолетнюю норму на 6,1 мм, наблюдалось существенное повышение температурного режима относительно многолетнего показателя на 4°C . В целом общее количество осадков, 324 мм, в период от уборки предшественника до всходов позволило накопить почве достаточное количество влаги для роста и развития чечевицы.

Апрель выдался излишне жарким и сухим, так как наблюдалось повышение температуры на $2,4^{\circ}\text{C}$ и снижение количества осадков на 19,1 мм в сравнении с нормой. Общее количество осадков в период от фазы всходов до ветвления составило 76 мм, что ниже нормы на 8 мм. В мае среднемесячная температура ($15,5^{\circ}\text{C}$) превышала многолетний показатель на $0,6^{\circ}\text{C}$. Сумма осадков была отмечена на уровне 96,5 мм, что выше

среднемноголетнего показателя на 52 %. Таким образом, можно сделать вывод, что неравномерное распределение осадков в весенний период негативно отразилось на формировании урожая культуры.

Среднемесячная температура июня (24,5 °С) выше среднемноголетнего показателя на 5,5 °С. Данные условия сопровождались незначительным недостатком осадков по отношению к многолетней норме – на 1,7 мм. Стоит отметить, что повышенные температуры оказали негативное влияние на растения чечевицы. Значительное количество осадков, 109 мм, пришлось на межфазный период ветвления – цветение, что оказалось выше нормы на 20 мм.

Температурный режим июля превысил среднемноголетний показатель на 0,4 °С. Однако в данном месяце наблюдалось двукратное превышение нормы выпадения осадков, зафиксированное на уровне 101,9 мм. Нами отмечено повышение уровня осадков (89 мм) в период цветения – полной спелости на 36 мм в сравнение со среднемноголетним показателем. В целом погодные условия летнего периода сложились неблагоприятно. Повышенные температуры июня неблагоприятно сказались на формировании урожая, а обильные осадки июля не позволили осуществить своевременную уборку урожая, что привело к снижению качества продукции.

Данные, приведенные выше, показывают, что наиболее благоприятные условия для возделывания чечевицы и получения стабильных урожаев культуры высокого качества складывались в 2016 году. Урожайность в этом период превышала аналогичные показатели 2014 и 2015 гг. на 0,25 и 0,16 т/га.

Погодные условия 2014 года в сравнении со среднемноголетними показателями не имели значительных отличий. Так температура была ниже на 0,1 °С, а количество осадков на 4 мм. В 2015 году погодные условия можно охарактеризовать как засушливые, показатель температуры был выше многолетнего значения на 0,9 °С, а количество выпавших осадков ниже на 38 мм. Наиболее благоприятные условия для возделывания чечевицы и

получения высокой продуктивности культуры оказались в 2016 году. Показатель температуры в сравнении с многолетним значением был выше на 0,6 °С, а количество осадков – на 92 мм. Урожайность в этом период превышала аналогичные показатели 2014 и 2015 гг. на 0,25 и 0,16 т/га.

2.5. Основные агротехнические приёмы при возделывании чечевицы в опыте

Одним из лучших предшественников для чечевицы служит озимая пшеница, так как в первый период роста чечевица угнетается сорными растениями, в связи с этим для посева необходимы чистые от сорняков поля. В период проведения опыта чечевица выращивалась на полях с предшественником – озимая пшеница. Обработка почвы под чечевицу включала в себя следующие этапы: лушение стерни БДМ-6Х4 на глубину 6-8 см, вспашка ПЛН-4-35 на глубину 20–22 см с одновременным прикатыванием ККШ-6А. После основной обработки почвы проводили сплошные культивации на глубину 8–10 см КПУ-5 по мере отрастания сорняков.

Внесение минеральных удобрений было приурочено к сплошной культивации почвы на глубину 8–10 см. Предпосевная обработка почвы проводилась в день посева на глубину заделки семян – КПУ-5 + 5БЗСС-1,0. Предпосевная подготовка чечевицы включала в себя протравливание семян фунгицидом «Фундазол» с нормой расхода 2 кг/т семян. Посев чечевицы проводился в период с 5 по 20 апреля, что соответствует оптимальным срокам сева чечевицы, сеялкой СН-16 на глубину 3–5 см. Норма высева для сорта Веховская составила 2–2,5 млн всхожих семян, для Канадской 3–3,5 млн всхожих семян на один гектар.

Ввиду того, что посевы чечевицы сильно страдают от сорной растительности, проводилась ручная прополка опытных делянок. Уборка урожая проводилась при созревании 50-60% бобов на растении комбайном «Сампо-500».

3. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

В данном разделе диссертационной работы представлены материалы полевых опытов, лабораторных исследований и элементы статистической обработки данных, полученных в период исследований с 2014 по 2016 г. Согласно цели исследования и поставленным задачам в разделе рассмотрено влияние минеральных удобрений и сортов чечевицы на агрохимические показатели чернозема выщелоченного.

3.1. Динамика продуктивной влаги

Наиважнейшим фактором среди агрофизических показателей почвенного плодородия является влажность почвы. Оценка и учет данного показателя позволяют получить наиболее достоверную информацию о состоянии почвы и условиях питания растений. Благодаря достаточному количеству почвенной влаги растения получают возможность наиболее эффективно использовать минеральные удобрения, а также оптимальное питание способствует поглощению большего количества влаги корнями растений.

В своих исследованиях В. В. Агеев и А. И. Подколзин (2005) пишут о первостепенной важности оптимальной влагообеспеченности почвы. Без достаточного количества влаги корневое питание растений замедляется или даже прекращается. Однако избыток влаги приводит к ухудшению обменных реакций и кислородного питания корней растений.

Количество продуктивной влаги оказывает прямое влияние на эффективное плодородие почвы. От количества и распределения почвенной влаги зависит образование агрегатов, плотность, липкость почвы, также влага

принимает участие в терморегуляции и влияет на тепловой баланс почвы (Сычев В. Г., Аристархов А. Н. и др., 2009).

Продуктивной влагой принято считать ту часть влаги почвы, которая превышает влажность устойчивого завядания и служит для формирования урожая сельскохозяйственных культур. Водоснабжение и водообеспеченность сельскохозяйственных культур на разных почвах и в разных условиях можно определить благодаря сравнению показателей продуктивной влаги (Куприченков М. Т., 2005).

Минеральные удобрения оказывают существенное влияние на содержание макроэлементов в почве. По сравнению с контролем минеральные удобрения повышают содержание аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве. С увеличением глубины изучаемого слоя почвы содержание элементов питания снижается (Есаулко, А. Н., Галда, Д. Е., 2018; Есаулко А. Н., Сигида М. С., Коростылев С. А., Айсанов Т. С., Галда Д. Е., 2018).

В естественных условиях выращивания сельскохозяйственных культур основным источником, пополняющим запасы продуктивной влаги, являются атмосферные осадки. Агрометеорологические условия – это важнейший фактор изменения влагозапаса почвы.

Изменение запасов продуктивной влаги в 0–30 см слое почвы в посевах чечевицы сорта Веховская представлены на рисунке 4.

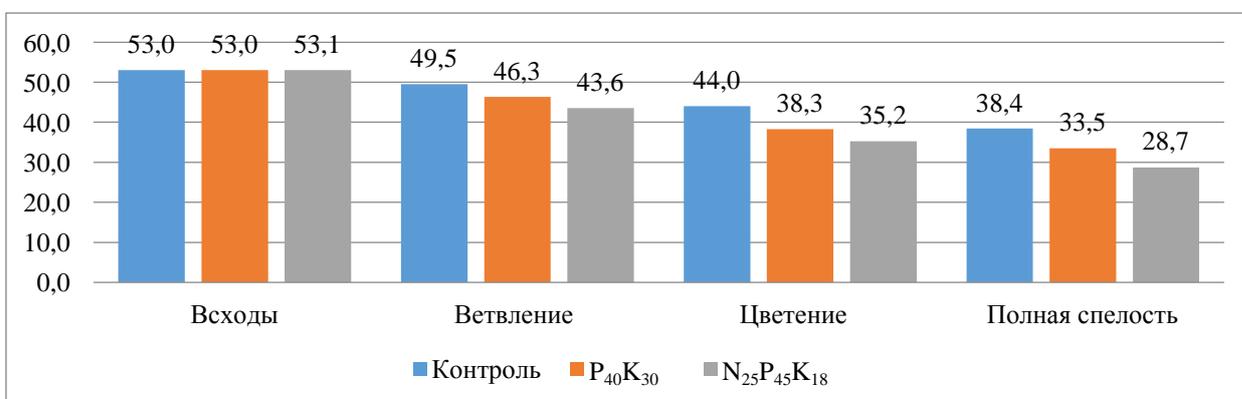


Рисунок 4 – Влияние минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги (мм) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного в посевах чечевицы сорта Веховская (среднее за 2014–2016 гг.)

Нами отмечено, что количество продуктивной влаги почвы в фазу всходов на всех фонах питания не имело значительной разницы. В процессе вегетации культуры возрастало и количество потребляемой влаги. На вариантах с внесением рекомендованной и расчетной доз удобрений по сравнению с контролем наблюдается снижение запасов влаги в фазу ветвления на 3,2–5,9 мм, цветения – 5,7–8,8 мм, полной спелости – 4,9–9,7 мм соответственно. В процессе развития растений запасы продуктивной влаги неуклонно снижались, достигая минимума в фазу полной спелости. В межфазный период всходов – ветвления снижение в среднем по опыту составило 19,8, ветвления – цветения 21,9, цветения – полной спелости 16,8 мм. Данная динамика обусловлена повышением потребления влаги растениями вследствие нарастания биомассы.

Погодные условия, количество атмосферных осадков и их распределение в процессе вегетации растений оказали значительное влияние на содержание продуктивной влаги в почве. Наибольшее количество атмосферных осадков выпало в 2016 году, что привело к увеличению запаса влаги почвы в сравнении с 2014 и 2015 годами, и в среднем разница составила: в слое 0–10 см – 0,8–1,7; 10–20 см – 1,2–2,5; 20–30 см – 1,2–2,3 мм соответственно (приложение 3).

Характер изменения запасов продуктивной влаги в зависимости от доз минеральных удобрений и периода развития растений был сходен во все годы исследований, в связи с этим в таблице 2 приведены средние показатели содержания продуктивной влаги в почве в посевах чечевицы сорта Веховская за годы проведения исследований.

Математическая обработка полученных результатов позволила нам сделать вывод о том, что применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на содержание продуктивной влаги в почве. Так, по сравнению с контролем на варианте с рекомендованной дозой минеральных удобрений количество влаги достоверно снизилось на 1,1 мм, а на расчетной дозе разница составила 2 мм. Нами отмечено, что количество продуктивной

влаги на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений оказалось значительно ниже (на 0,9 мм) в сравнении с этим показателем на варианте с рекомендованной дозой. На наш взгляд, это обусловлено большей продуктивностью культуры на изучаемых фонах питания, в связи с чем для формирования урожая было использовано больше продуктивной влаги почвы.

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги (мм) почвы в посевах чечевицы сорта Веховская (среднее за 2014–2016 гг.)

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,6	В, НСР ₀₅ = 0,7
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Контроль	0–10	10,3	6,5	4,6	2,3	15,32	5,16
	10–20	18,3	18,7	17,2	15,7		16,43
	20–30	24,4	23,5	21,9	20,4		21,36
Р ₄₀ К ₃₀	0–10	10,3	5,4	3,3	1,1	14,26	–
	10–20	18,4	18,4	15,4	13,8		–
	20–30	24,4	22,5	19,6	18,6		–
N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0–10	10,3	4,6	2,3	1,0	13,38	–
	10–20	18,3	17,3	14,3	11,4		–
	20–30	24,5	21,7	18,6	16,3		–
С, НСР ₀₅ = 0,7		17,68	15,40	13,02	11,17	НСР ₀₅ = 2,0	

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что глубина изучаемого слоя почвы оказала прямое влияние на показатели продуктивной влаги. С увеличением глубины отбора увеличивалось ее содержание. Минимальное содержание отмечено в слое 0–10 см и составило 5,2 мм, что достоверно ниже, чем в слое 10–20 см – на 11,3, и слое 20–30 см – на 16,2 мм. Это обусловлено снижением интенсивности испарения влаги с увеличением глубины слоя почвы и распределением корневой системы.

Средние показатели содержания продуктивной влаги в почве в годы исследований неуклонно снижались в процессе роста и развития растений чечевицы. Значительное снижение наблюдалось в периоды: всходов – ветвления, показатель снизился на 2,3; ветвления – цветения на 2,4; цветения – полной спелости – на 1,9 мм. Данная динамика охарактеризована не только

повышением потребления влаги растениями в процессе роста и развития, но и снижением количества атмосферных осадков.

Максимальное количество продуктивной влаги в почве находится на уровне 24,5 мм и зафиксировано в фазу всходов на глубине 20–30 см, но выявленные различия между вариантами внесения минеральных удобрений были незначительны. Минимальный показатель отмечен в фазу полной спелости на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений в слое 10 см почвы, составил 1 мм, и также не имел значительных отличий от показателей смежных вариантов. В зависимости от фазы развития растений чечевицы изменялся слой активного потребления почвенной влаги. Максимальный показатель содержания продуктивной влаги на всех вариантах опыта не зависимо от доз удобрений и глубины слоя почвы отмечался в период всходов. С развитием и углублением корневой системы растений слой с значительным потреблением влаги также смещается глубже, что характерно для всех изучаемых доз минеральных удобрений.

На протяжении всего вегетационного периода растений чечевицы максимальное содержание продуктивной влаги отмечалось на контрольном варианте: в слое почвы 0–10 см – 10,3–2,3; 10–20 см – 18,3–15,7; 20–30 см – 24,4–20,4 мм. Наиболее существенное различие по содержанию продуктивной влаги в слоях почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см между контролем и удобренными вариантами нами отмечалось во второй половине вегетации чечевицы в фазы цветения и полной спелости.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о достоверном влиянии минеральных удобрений, сроков и глубины изучаемого слоя почвы на содержание продуктивной влаги.

3.2. Динамика реакции почвенной среды

Реакция почвенной среды оказывает непосредственное влияние на доступность элементов минерального питания растениям, в некоторых

случаях проявляет токсичность элементов питания, оказывает непосредственное влияние на механизм поглощения питательных веществ корнями растений. Повышенные дозы минеральных удобрений оказывают сильное влияние на рН почвы. Известно, что применение физически кислых удобрений ведет к обязательному смещению реакции почвенного раствора к более кислой среде (Шеуджен А. Х., 2008; Муравин Э. А., 2010).

В процессе проведения исследований нами установлены особенности изменения рН почвенного раствора в зависимости от уровня выпавших осадков; чем выше количество осадков, тем кислее реакция почвенного раствора. Наиболее засушливым за время исследований оказался 2015 год, реакция почвенного раствора оказалась более щелочной, показатели рН водной вытяжки превышали аналогичные значения 2014 и 2016 годов исследования на контроле – на 0,01–0,13, на рекомендованной дозе удобрений – на 0,03, а на расчётной – на 0,01 ед. (приложения 4, 5)

Проводя анализ полученных данных реакции почвенного раствора в 0–30 см слое, мы установили недостоверное подкисление на 0,02 ед. реакции почвенного раствора на вариантах с сортом Канадская в сравнении с сортом Веховская, что, на наш взгляд, обусловлено сходными особенностями питания изучаемых сортов. Среднее значение показателей реакции почвенного раствора по вариантам оказалось сходным: на контроле и расчётной дозе удобрений – 6,36 ед., на варианте с рекомендованной дозой – ниже на 0,03 ед., что на уровне ошибки опыта (таблица 3).

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что сорта чечевицы и дозы минеральных удобрений не оказали существенного влияния на показатели рН в 0–30 см слое чернозема выщелоченного. Данная ситуация обусловлена низкой дозой минеральных удобрений и сходной активностью питания обоих сортов.

На фоне активного питания в периоды всходов – ветвления и ветвления – цветения нами отмечается значительное подкисление почвенного раствора,

на 0,12–0,13 ед., которое находилось на данном уровне оставшийся период вегетации.

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора чернозема выщелоченного (ед.) в 0–30 см слое (среднее за 2014–2016гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = = 0,08	В, НСР ₀₅ = = 0,06
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	6,43	6,35	6,34	6,38	6,37	6,36
	P ₄₀ K ₃₀	6,48	6,30	6,35	6,36		6,35
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	6,47	6,28	6,33	6,40		6,36
Канадская	Контроль	6,38	6,35	6,32	6,35	6,34	–
	P ₄₀ K ₃₀	6,42	6,28	6,25	6,32		–
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	6,43	6,29	6,30	6,34		–
С, НСР ₀₅ = 0,10		6,44	6,31	6,32	6,34	НСР ₀₅ = 0,25	

Максимальные показатели реакции почвенного раствора (6,38–6,48 ед.) на всех вариантах опыта отмечаются нами в фазу всходов. В дальнейшем динамика изменения данного показателя не зависимо от сортов чечевицы имела единый ход – это существенное снижение рН почвы к межфазному периоду ветвления – цветения и плавное повышение данного показателя к концу вегетации чечевицы.

Определенный научный интерес вызывает влияние минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора чернозема выщелоченного в слоях почвы 0–10, 10–20, 20–30 см, данные на вариантах с сортом Веховская приведены в таблице 4.

Математическая обработка показателей, приведённых в таблице 4, позволяет установить недостоверное изменение реакции почвенного раствора в зависимости от применения минеральных удобрений в изучаемых слоях чернозема выщелоченного, 0–10, 10–20, 20–30 см. В то же время нами установлено недостоверное снижение реакции почвенного раствора в среднем по опыту (на 0,03 и 0,02 ед.) в слоях почвы 10–20 и 20–30 см по сравнению со слоем почвы 0–10 см, что связано с преимущественным

поглощением элементов питания во время периода максимального потребления растениями чечевицы из почвенных слоев 10–30 см.

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора чернозема выщелоченного, в 0-30 см слое, в среднем за 2014-2016 гг., сорт Веховская

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,05	В, НСР ₀₅ = 0,05
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Контроль	0–10	6,46	6,34	6,36	6,41	6,37	6,38
	10–20	6,42	6,30	6,33	6,42		6,35
	20–30	6,43	6,39	6,33	6,30		6,36
Р ₄₀ К ₃₀	0–10	6,50	6,24	6,35	6,28	6,35	–
	10–20	6,47	6,25	6,35	6,31		–
	20–30	6,49	6,41	6,33	6,19		–
N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0–10	6,47	6,25	6,40	6,49	6,37	–
	10–20	6,45	6,23	6,31	6,42		–
	20–30	6,49	6,36	6,29	6,30		–
С, НСР ₀₅ = 0,09		6,46	6,31	6,34	6,35	НСР ₀₅ = 0,20	

Достоверное подкисление почвенного раствора связано с периодом интенсивного потребления элементов питания в межфазный период ветвления – цветения, и разница по сравнению с первоначальным показателем составила 0,15–0,12 ед.

Нами установлено устойчивое подкисление реакции почвенного раствора на всех фонах питания в слоях почвы 0–10 и 10–20 см только до фазы ветвления, а в слое почвы 20–30 см наблюдается плавное снижение реакции почвенного раствора на протяжении всей вегетации чечевицы и разница с исходными показателями составила на контроле 0,01 ед., а на удобренных вариантах – 0,19–0,3 ед.

Таким образом, изучаемые дозы минеральных удобрений и сорта чечевицы не оказали существенного влияния на динамику показателей реакции почвенного раствора чернозема выщелоченного.

Подкисление почвенного раствора в первую очередь определяется периодичностью питания растений чечевицы и соответствует межфазному периоду ветвления – цветения.

Условия увлажнения и зона распространения корневой системы растений чечевицы предопределяет послонную динамику показателей реакции почвенного раствора в слое почвы 0–30 см.

3.3. Динамика содержания аммонийного азота

Основными источниками аммонийной формы азота являются минеральные удобрения и процессы аммонификации – разложения органических соединений под действием аммонифицирующих микроорганизмов. Изучив изменение содержания аммонийного азота в почве в течение трех лет исследований, мы пришли к выводу, что условия увлажнения оказали определяющее влияние на содержание аммонийного азота в почве (приложения 6, 7).

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что в среднем по опыту содержание аммонийного азота на вариантах с выращиванием чечевицы сорта Канадская не имело существенных отличий по сравнению с аналогичным показателем сорта Веховская. Применение минеральных удобрений не оказало определяющего влияния на содержание NH_4 в 0–30 см слое почвы. В то же время нами наблюдается достоверное снижение концентрации аммонийного азота в 0–30 см слое почвы на протяжении всей вегетации чечевицы. В среднем по опыту снижение содержания элемента в период всходы-ветвление составило 5,1; ветвления – цветения – 4,8, цветения – полной спелости – 7,8 мг/кг (таблица 5).

Максимальное содержание аммонийного азота, 39–39,6 мг/кг почвы, на всех вариантах зафиксировано в фазу всходов, но значительной разницы между показателями не установлено. У изучаемых сортов на всех вариантах питания динамика содержания аммонийного азота на протяжении вегетации культуры имела одну и ту же направленность – это неуклонное и существенное снижение анализируемой формы азота с достижением минимальных величин к фазе полной спелости (20 мг/кг почвы). На наш

взгляд, данная зависимость предопределялась следующими факторами: потреблением его чечевицей и сорняками, условиями увлажнения, процессами нитрификации, аммонификации и денитрификации. Нами отмечается увеличение NH_4 в 0–30 см слое почвы в течение вегетации чечевицы сорта Канадская на удобренных вариантах, но отмеченная разница не существенна.

Таблица 5 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, $\text{HCP}_{05} = 0,84$	В, $\text{HCP}_{05} = 0,84$
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	38,6	33,0	30,0	20,7	30,1	30,3
	$\text{P}_{40}\text{K}_{30}$	38,1	32,9	27,5	20,0		30,3
	$\text{N}_{25}\text{P}_{45}\text{K}_{18}$	39,0	33,3	27,2	20,3		29,9
Канадская	Контроль	37,4	33,1	28,4	20,9	30,6	–
	$\text{P}_{40}\text{K}_{30}$	38,1	34,5	30,1	21,6		–
	$\text{N}_{25}\text{P}_{45}\text{K}_{18}$	39,6	33,8	28,1	21,2		–
С, $\text{HCP}_{05} = 1,12$		38,5	33,4	28,6	20,8	$\text{HCP}_{05} = 2,86$	

В таблице 6 на примере сорта Веховская нами приведены данные по изменению содержания аммонийного азота в зависимости от глубины изучаемого слоя почвы в течение вегетационного периода растений чечевицы.

На основании математической обработки полученных средних данных по опыту нами установлено, что минеральные удобрения не достоверно снижали содержание аммонийного азота в почве. При увеличении глубины изучаемого слоя наблюдается существенное снижение концентрации NH_4 в почве. Так, в слое 0–10 см среднее содержание аммонийного азота составило 35,7 мг/кг, в слое 10–20 см оно снизилось на 5,2 мг/кг, а в слое 20–30 см снизилось на 6,7 мг/кг в сравнении с предыдущим. Снижение содержания аммонийного азота в зависимости от глубины изучаемого слоя почвы обусловлено рядом факторов: биологическими свойствами почвы, условиями увлажнения, распределением

органических веществ. На протяжении всего периода вегетации растений чечевицы наблюдается достоверное снижение содержания аммонийного азота в почве от одной фазы развития к другой. Так, в период от фазы всходов до ветвления снижение составило 5,5, от фазы ветвления до цветения – 4,8, от фазы цветения до полной спелости – 7,9 мг/кг почвы.

Таблица 6 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) аммонийного азота почвы в слое 0-30 см чернозема выщелоченного (среднее за 2014-2016 гг.), сорт Веховская

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 1,1	В, НСР ₀₅ = 0,6
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Контроль	0–10	45,0	38,4	35,4	22,1	30,5	35,7
	10–20	40,4	34,7	30,6	22,1		30,5
	20–30	30,2	25,9	23,8	17,8		23,8
Р ₄₀ К ₃₀	0–10	45,6	41,4	34,0	23,3	29,5	–
	10–20	38,2	31,1	27,6	20,2		–
	20–30	30,3	25,9	20,5	16,4		–
N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0–10	47,9	41,1	31,5	23,0	30,0	–
	10–20	38,6	32,5	29,2	21,1		–
	20–30	30,5	26,3	21,0	16,9		–
С, НСР ₀₅ = 1		38,5	33,0	28,2	20,3	НСР ₀₅ = 2,6	

Максимальное содержание аммонийного азота, 47,9 мг/кг, в 0-10 см слое почвы обеспечила расчетная доза минеральных удобрений в фазу всходов, которая была достоверно выше контроля на 2,9 мг/кг почвы. Минимальное содержание элемента, 16,4–17,8 мг/кг, нами отмечено в 20–30 см слое почвы в фазу полной спелости, значительное отличие между вариантами не наблюдалось.

Анализ данных содержания NH₄ в слоях почвы 0–10, 10–20, 20–30 см позволил нам установить следующее:

– максимальное снижение аммонийной формы азота отмечается в слое почвы 0–10 см – 22,9, 22,3 24,9 мг/кг почвы соответственно фонам питания, что обусловлено, особенно во второй половине вегетации, условиями увлажнения и направленностью микробиологических процессов;

– содержание NH_4 с увеличением глубины изучаемого слоя почвы (10–20 и 20–30 см) достоверно снижается по сравнению со слоем 0–10 см на всех фонах питания;

– на вариантах с внесением рекомендованной дозы удобрений $\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ содержание аммонийного азота в слое почвы 10–20 см существенно выше, чем на контроле, на протяжении всей вегетации чечевицы;

– определенной зависимости по содержанию $\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ в слое почвы 20–30 см между удобренными вариантами и контролем нами не установлено.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что изучаемые дозы минеральных удобрений не оказали достоверного влияния на содержание аммонийного азота в слое почвы 0–30 см чернозема выщелоченного. Сорт чечевицы Канадская обеспечил значительное увеличение содержания NH_4 почвы по сравнению с показателями у сорта Веховская. Нами отмечается четкая дифференциация по содержанию NH_4 между слоями почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см. На вариантах с внесением $\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ на протяжении вегетации растений чечевицы установлено существенное снижение содержания NH_4 в слое почвы 10–20 см относительно значений контрольного варианта.

С целью более детального определения влияния содержания аммонийного азота на показатели урожайности нами проведен корреляционно-регрессионный анализ содержания данного элемента в почве послойно (приложение 8). По результатам анализа модель имеет удовлетворительную точность аппроксимации. Данная зависимость выражается следующим уравнением:

$$y = 2,567 + 0,157x_1 - 0,061x_5 - 0,125x_6 - 0,020x_7,$$

где y – урожайность чечевицы (т/га); содержание аммонийного азота (мг/кг): x_1 – в слое почвы 0–10 см в фазу всходов, x_2 – в слое почвы 10–20 см в фазу всходов, x_3 – в слое почвы 20–30 см в фазу всходов, x_4 – в слое почвы 0–10 см в фазу ветвления, x_5 – в слое почвы 10–20 см в фазу ветвления,

x_6 – в слое почвы 20–30 см в фазу ветвления, x_7 – в слое почвы 0–10 см в фазу цветения, x_8 – в слое почвы 10–20 см в фазу цветения, x_9 – в слое почвы 20–30 см в фазу цветения, x_{10} – в слое почвы 0–10 см в фазу полной спелости, x_{11} – в слое почвы 10–20 см в фазу полной спелости, x_{12} – в слое почвы 20–30 см в фазу полной спелости.

Приведенное уравнение зависимости урожайности от послойного содержания аммонийного азота показывает весьма высокую корреляционную связь, $R = 0,96$, зависящую от содержания элемента в 0–10 см слое почвы в фазу всходов, в 10–20 см слое почвы в фазу ветвления и в 0–10 см слое почвы в фазу цветения, что показывает слой преимущественного поглощения аммонийного азота растениями чечевицы.

3.4. Динамика содержания нитратного азота

Азот входит в состав наиболее важных макроэлементов необходимых для роста и развития растений. Он участвует в белковом и углеводном обмене растений, фотосинтезе, передаче наследственной информации организма (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Наряду с другими макроэлементами азот является наиболее лабильным. На изменчивость данного элемента влияет гранулометрический состав, физико-химические свойства почвы, микробиологические процессы, а также виды выращиваемых культур (Гамзиков Г. П., 2013).

Накопление азота в почве связано с процессами нитрификации, аммонификации, химического и биологического поглощения, необменной фиксации, вымывания, потребления сельскохозяйственными культурами и сорными растениями. Также в некоторой степени наблюдается поступление атмосферного азота с осадками. В большей степени с осадками поступает аммиачная форма азота, нитратная отчасти. Условия увлажнения в период проведения исследований оказали незначительное влияние на содержание нитратного азота в почве независимо от фона питания. Среднегодовые

показатели по вариантам в 2014 году были ниже: на контроле на 1,01 мг/кг, на вариантах с дозой $P_{40}K_{30}$ – на 0,68, с расчетной – 0,71 мг/кг почвы. В 2015 году исследований содержание NO_3 в почве было выше средних значений за годы исследований и составило: контроль – 0,96, $P_{40}K_{30}$ – 0,69, расчетная доза – 0,89 мг/кг почвы. Показатели содержания элемента в 2016 году оказались наиболее близки к средним значениям 3 лет исследований, и разница между ними составила на контроле 0,05 мг/кг, на варианте с рекомендованной дозой значения не отличались, на расчетной дозе ниже – 0,18 мг/кг почвы (приложения 9, 10).

В результате статистической обработки полученных данных, приведенных в таблице 7, нами отмечено существенное влияние сортов чечевицы на содержание нитратного азота в почве. Так, среднее содержание NO_3 в слое почвы 0–30 см на вариантах с сортом Веховская было достоверно ниже, на 0,53 мг/кг почвы, по сравнению с сортом Канадская, что обусловлено интенсивным поглощением элемента более продуктивным сортом чечевицы.

Таблица 7 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного (среднее за 2014–2016 г.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,72	В, НСР ₀₅ = 0,51
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	22,8	19,2	18,1	14,0	19,9	18,6
	$P_{40}K_{30}$	23,5	19,7	19,2	15,6		19,9
	$N_{25}P_{45}K_{18}$	27,8	22,1	20,6	16,5		22,0
Канадская	Контроль	23,0	19,3	18,7	14,1	20,5	–
	$P_{40}K_{30}$	25,0	20,4	20,4	15,5		–
	$N_{25}P_{45}K_{18}$	28,6	22,5	21,3	16,6		–
С, НСР ₀₅ = 0,62		25,1	20,5	19,7	15,4	НСР ₀₅ = 1,54	

Применение минеральных удобрений в среднем по опыту значительно увеличивало содержание нитратного азота почвы в сравнении с естественным агрохимическим фоном. В сравнении с контролем в среднем по опыту внесение рекомендованной дозы повысило содержание NO_3 на

1,27, внесение расчетной дозы – на 3,37 мг/кг почвы. Расчетная доза минеральных удобрений достоверно повысила содержание элемента в среднем по опыту не только относительно контроля, но и варианта с рекомендованной дозой (на 2,1 мг/кг почвы).

Достоверное снижение содержания нитратного азота почвы в среднем по опыту наблюдалось в течении всего периода вегетации культуры, достигая минимального значения в фазе полной спелости. Максимальное снижение NO_3 отмечено в периоды всходов – ветвления, цветения – полной спелости, которое по сравнению с исходными показателями составило 4,6 и 4,35 мг/кг почвы соответственно, что связано как с особенностями питания растений чечевицы, так и с условиями увлажнения.

Максимальный показатель содержания NO_3 – 28,6 мг/кг почвы – нами отмечен у сорта Канадская в фазу всходов на варианте с расчетной дозой удобрений, данный показатель недостоверно отличался от аналогичного у сорта Веховская (27,8 мг/кг). Минимальный показатель – 14,0 мг/кг – зафиксирован у сорта Веховская в фазу полной спелости на варианте без удобрений, который также недостоверно отличался от аналогичного показателя у сорта Канадская.

Рекомендованная доза минеральных удобрений практически на всех вариантах недостоверно увеличивала по сравнению с контролем содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см. Применение расчетной дозы удобрений способствовало существенному увеличению концентрации NO_3 по сравнению с контролем на протяжении всей вегетации чечевицы.

Анализ данных, приведенных в таблице 7, позволил нам сделать вывод о достоверном влиянии на содержание нитратного азота в 0–30 см слое почвы в зависимости от сорта чечевицы доз минеральных удобрений и периода вегетации растений.

На примере сорта Веховская (таблица 8) мы представили более детально послойное изменение содержания нитратного азота в 0–30 см слое почвы.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что в среднем по опыту применение минеральных удобрений повысило концентрацию NO_3 в сравнении с контролем: доза $\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ – на 0,95, доза $\text{N}_{25}\text{P}_{45}\text{K}_{18}$ – на 3,23 мг/кг почвы, что достоверно. Нами фиксируется содержание NO_3 на расчетной дозе удобрений по сравнению с рекомендованной, и разница составила 2,28 мг/кг почвы.

Таблица 8 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, сорт Веховская (среднее за 2014–2016 гг.)

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, $\text{HCP}_{05} = 1,00$	В, $\text{HCP}_{05} = 0,61$
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Контроль	0–10	25,4	22,1	20,9	15,1	18,51	22,66
	10–20	23,7	18,9	17,7	13,7		20,02
	20–30	19,2	16,4	15,8	13,1		17,04
$\text{P}_{40}\text{K}_{30}$	0–10	27,6	22,9	21,8	16,3	19,46	–
	10–20	25,2	19,2	18,7	15,8		–
	20–30	17,7	17,0	17,1	14,1		–
$\text{N}_{25}\text{P}_{45}\text{K}_{18}$	0–10	32,1	25,4	24,3	17,8	21,74	–
	10–20	29,4	21,4	20,2	16,3		–
	20–30	21,8	19,4	17,3	15,5		–
С, $\text{HCP}_{05} = 0,56$		24,68	20,32	19,33	15,30	$\text{HCP}_{05} = 2,35$	

В среднем по опыту содержание нитратного азота достоверно снижалось с увеличением глубины слоя отбора почвенных образцов. Так, содержание NO_3 в 0–10 слое достигло максимальных значений, 22,66 мг/кг, в слое 10–20 см содержание было ниже на 2,64, а в слое 20–30 – на 2,98 мг/кг почвы в сравнении с предыдущим. Данная закономерность обусловлена незначительной миграцией NO_3 в нижние слои почвы.

В течение вегетации чечевицы сорта Веховская содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см достоверно снижалось от фазы к фазе. Максимальное снижение NO_3 отмечено в период всходов – ветвления которое составило 4,36, и цветения – полная спелость – 4,03 мг/кг почвы соответственно, что обусловлено особенностью питания растений чечевицы.

Применение азотных удобрений на вариантах с расчетной дозой привело к повышению содержания NO_3 в 0–10 см слое почвы до максимального значения по опыту и составило 32,1 мг/кг. Минимальный показатель, 13,1 мг/кг, зафиксирован в 20–30 см слое почвы на фоне без удобрений.

Анализ содержания нитратного азота в слое почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см позволил нам установить, что направленность динамики NO_3 в течение вегетации чечевицы имеет единый ход и определяется фазой развития культуры, глубиной отбора образцов и условиями увлажнения.

Корреляционно-регрессионный анализ, приведенный в приложении 11, показывает удовлетворительную точность аппроксимации показателей. Зависимость урожайности от послойного содержания нитратного азота в почве выражается следующим уравнением:

$$y = 0,735 + 0,293x_4 - 0,350x_5 + 1,068x_6 - 0,151x_8,$$

где y – урожайность чечевицы (т/га); содержание нитратного азота (мг/кг): x_1 – в слое почвы 0–10 см в фазу всходов, x_2 – в слое почвы 10–20 см в фазу всходов, x_3 – в слое почвы 20–30 см в фазу всходов, x_4 – в слое почвы 0–10 см в фазу ветвления, x_5 – в слое почвы 10–20 см в фазу ветвления, x_6 – в слое почвы 20–30 см в фазу ветвления, x_7 – в слое почвы 0–10 см в фазу цветения, x_8 – в слое почвы 10–20 см в фазу цветения, x_9 – в слое почвы 20–30 см в фазу цветения, x_{10} – в слое почвы 0–10 см в фазу полной спелости, x_{11} – в слое почвы 10–20 см в фазу полной спелости, x_{12} – в слое почвы 20–30 см в фазу полной спелости.

Весьма высокая корреляционная связь, $R = 0,95$, показывает достоверную зависимость урожайности культуры от содержания нитратного азота во всех слоях почвы в фазу ветвления и в 10–20 см слое почвы в фазу цветения.

Таким образом, достоверное влияние на содержание нитратного азота в почве оказали: выбор сорта чечевицы, минеральные удобрения, период вегетации растений, глубина отбора почвенных образцов.

3.5. Динамика содержания подвижного фосфора

Одним из важнейших элементов питания растений является фосфор. Потребление фосфора растениями в большинстве случаев приходится на долю анионов из фосфорной кислоты H_2PO_4^- (HPO_4^{2-}). 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 (Воронкова Н. А., 2013; Голосной Е. В., 2013).

В процессе проведения исследований нами установлено, что в 2015 году на фоне равномерного распределения осадков во время вегетации чечевицы содержание подвижных форм фосфора в слое 0–30 см было выше аналогичных показателей 2014 и 2016 годов в среднем по опыту и составило: контроль – 1,2–2,1, рекомендованная доза – 1,7–2,5, расчетная доза – 1,7–2,1 мг/кг почвы.

Согласно результатам исследований, среднее содержание подвижных форм фосфора в 2014 и 2016 годах было ниже трехлетних значений в среднем по контролю на 1 и 0,1, по рекомендованной дозе – на 1,1 и 0,3, по расчетной дозе – на 0,8 и 0,4 мг/кг почвы соответственно. Однако в 2015 году наблюдалось увеличение содержания элемента в сравнении со средними значениями за годы проведения исследований на варианте без удобрений на 1,1, с рекомендованной дозой удобрений – на 1,4 мг/кг, с расчетной дозой – на 1,3 мг/кг почвы. Снижение показателей 2014 и 2016 годов в сравнении с трехлетними значениями обусловлено неравномерными условиями увлажнения в течение вегетации изучаемых сортов чечевицы (приложения 12, 13).

Анализ данных, представленных в таблице 9, позволил установить влияние минеральных удобрений на содержание подвижных форм фосфора в 0–30 см слое чернозема выщелоченного.

Таблица 9 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,4	В, НСР ₀₅ = 0,6
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	23,7	21,4	19,6	19,3	22,0	21,1
	P ₄₀ K ₃₀	25,7	23,1	20,9	20,3		22,3
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	25,5	23,3	21,1	20,4		22,5
Канадская	Контроль	23,3	21,6	20,1	19,6	21,9	–
	P ₄₀ K ₃₀	25,0	22,6	20,9	19,9		–
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	25,4	23,0	21,1	20,5		–
С, НСР ₀₅ = 0,7		24,8	22,5	20,6	20,0	НСР ₀₅ = 1,8	

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что сорта чечевицы не оказали существенного влияния на содержание подвижных форм фосфора в слое 0–30 см чернозема выщелоченного. Применение минеральных удобрений достоверно увеличило среднее содержание подвижного фосфора по сравнению с контролем на 1,2 мг/кг с внесением P₄₀K₃₀ и на 1,4 мг/кг с применением N₂₅P₄₅K₁₈. На всех вариантах опыта нами отмечается неуклонное снижение содержания подвижного фосфора в почве на протяжении вегетации сортов чечевицы (4,8 мг/кг почвы), особенно существенно расход элемента питания наблюдается в межфазный период всходов – цветения, что связано с максимальным потреблением элемента питания во время интенсивного роста культуры.

Независимо от фона питания и выбора сорта динамика содержания подвижного фосфора для всех вариантов имела единый ход – это неуклонное снижение с достижением минимальных значений к фазе полной спелости. Изучаемые дозы минеральных удобрений оказали положительное влияние на содержание P₂O₅ в слое почвы 0–30 см, и разница с контролем

соответственно сортам составила: во время всходов 1,8–2,0 и 1,7–2,1, в фазу ветвления 1,7–1,9 и 1,0–1,4, в фазу цветения 1,3–1,5 и 0,8–1,0, в фазу полной спелости 1,0–1,1 и 0,3–0,9 мг/кг почвы.

Изучаемые дозы минеральных удобрений увеличивали концентрацию подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см на протяжении всей вегетации, но определенный интерес вызывает динамика элемента по слоям почвы 0–10, 10–20, 20–30 см (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора почвы (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, сорт Веховская (среднее за 2014-2016 гг.)

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,6	В, НСР ₀₅ = 0,6
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Контроль	0–10	27,8	26,0	24,4	24,1	21,0	27,7
	10–20	25,3	21,6	19,9	19,3		22,2
	20–30	18,0	16,7	14,7	14,5		16,2
Р ₄₀ К ₃₀	0–10	32,1	28,7	26,9	25,9	22,5	–
	10–20	26,7	22,7	21,1	20,4		–
	20–30	18,2	18,0	14,7	14,6		–
N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0–10	32,6	29,1	27,9	26,6	22,6	–
	10–20	26,1	23,2	20,4	20,1		–
	20–30	17,9	17,6	15,0	14,5		–
С, НСР ₀₅ = 0,8		25,0	22,6	20,6	20,0	НСР ₀₅ = 2,1	

На примере сорта Веховская нами рассмотрено изменение содержания подвижных форм фосфора в различных слоях 0–30 см почвы чернозема выщелоченного. Математическая обработка полученных данных свидетельствует о достоверном повышении содержания подвижных форм фосфора в среднем на вариантах с применением минеральных удобрений, и разница с контролем составила 1,5–1,6 мг/кг почвы для рекомендованной и расчетной доз соответственно. Достоверной разницы сравниваемого показателя на удобренных вариантах не выявлено.

Дисперсионный анализ данных показал, что концентрация доступного фосфора в почве относительно слоя 0–10 см существенно снижалась, и

разница составила для слоя 10–20 см 5,5, а для слоя почвы 20–30 см 11,5 мг/кг почвы, что позволяет сделать вывод о достоверном снижении P_2O_5 с увеличением глубины отбора почвенных образцов. Достоверное снижение содержания доступного фосфора отмечалось до фазы цветения, и разница с первоначальным показателем составила 5 мг/кг почвы.

Максимальное содержание подвижных форм фосфора наблюдалось в 0–10 см слое почвы на вариантах с расчетной дозой удобрений, что достоверно превышало показатели контроля (4,8 мг/кг) и незначительно отличалось от рекомендованной дозы (0,5 мг/кг). Минимальные значения исследуемого показателя зафиксированы в 20–30 см слое почвы по всем вариантам опыта.

Применение минеральных удобрений существенно увеличило концентрацию доступных форм фосфора в 0–30 см слое почвы чернозема выщелоченного. В слое почвы 20–30 см отсутствовал эффект внесения минеральных удобрений.

Применение минеральных удобрений не изменило направленности динамики содержания доступных фосфатов в изучаемых слоях чернозема выщелоченного, но максимальное содержание подвижного фосфора отмечалось в 0–10 см слое почвы. Так, разница с контролем соответственно дозам минеральных удобрений составила: во время всходов 4,3–4,8, в фазу ветвления 2,7–3,1, в фазу цветения 2,5–3,5, в фазу полной спелости 1,8–2,5 мг/кг почвы. В остальных слоях почвы (10–20 и 20–30 см) динамика и концентрация фосфора не зависели от доз внесения минеральных удобрений.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности от послойного содержания подвижных форм фосфора позволил нам вывести уравнение регрессии

$$y = 0,058x_1 - 0,069x_2 + 0,016x_4 + 0,026x_5 + 0,014x_6 - 2,431,$$

где y – урожайность чечевицы (т/га); содержание фосфора (мг/кг): x_1 – в слое почвы 0–10 см в фазу всходов, x_2 – в слое почвы 10–20 см в фазу всходов, x_3 – в слое почвы 20–30 см в фазу всходов, x_4 – в слое почвы 0–10 см в фазу

ветвления, x_5 – в слое почвы 10–20 см в фазу ветвления, x_6 – в слое почвы 20–30 см в фазу ветвления, x_7 – в слое почвы 0–10 см в фазу цветения, x_8 – в слое почвы 10–20 см в фазу цветения, x_9 – в слое почвы 20–30 см в фазу цветения, x_{10} – в слое почвы 0–10 см в фазу полной спелости, x_{11} – в слое почвы 10–20 см в фазу полной спелости, x_{12} – в слое почвы 20–30 см в фазу полной спелости.

Анализируемая модель, имеет удовлетворительную точность аппроксимации $R^2 = 0,86$ и показывает весьма высокую корреляционную зависимость, $R = 0,93$, урожайности культуры от послойного содержания фосфора в почве, которая наблюдается в 0–10 и 10–20 см слое почвы в фазу всходов и во всех слоях почвы в фазу ветвления. Содержание фосфора в начале вегетации чечевицы оказывает определяющее влияние на урожайность культуры (приложение 14).

Таким образом, минеральные удобрения достоверно увеличивали содержание подвижного фосфора во время вегетации сортов чечевицы в основном за счет более высокого содержания и повышенного расхода фосфора в слое почвы 0–10 см.

3.6. Динамика содержания обменного калия

Калий относится к основным элементам питания растений на уровне с азотом и фосфором. Общее содержание обменных форм калия в почве варьируется различными факторами, такими как состав минералов материнской породы, почвообразующие процессы, гранулометрический состав почвы. В сравнении с другими макроэлементами калий не входит в состав органических соединений, но он способствует нормальному протеканию реакций при фотосинтезе, передвижению углеводов в клетках и растении. Ввиду высокого валового содержания 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. 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 (Артюшин А. М., Дерюгин И. П., Кулюкин А. Н., Ягодин Б. А., 1991; Сигида М. С., 2008; Кучер Л. И., 2014).

Изучив средние показатели содержания обменного калия почвы за три года исследований, мы отметили повышенное содержание данного элемента в годы с высоким уровнем увлажнения. Так, в наиболее засушливый, 2015 год средний показатель содержания калия на контроле оказался ниже 2014 и 2016 годов на 15 и 13 мг/кг почвы соответственно. Аналогичная тенденция сохранялась на удобренных вариантах и составила для рекомендованной дозы удобрений 4–11, расчетной – 3–15 мг/кг почвы соответственно годам проведения исследований.

В сравнении со средними значениями за три года проведения экспериментов содержание обменного калия в 2014 году было выше и разница составила: на контроле – на 6, на рекомендованной дозе – на 1, на расчетной дозе удобрений – 3 мг/кг, что в том числе обусловлено неравномерным распределением атмосферных осадков.

В 2016 году нами отмечено общее снижение средних показателей содержания обменного калия почвы в 2015 год в сравнении с трехлетними значениями, которое составило: на варианте без удобрений – 9 мг/кг, при внесении $P_{40}K_{30}$ – 5, на расчетной дозе – 8 мг/кг почвы. Противоположная динамика наблюдается в 2016 году, отмечается увеличение содержания обменного калия: на контроле – на 4, на рекомендованной дозе – на 6, на расчетной – на 9 мг/кг почвы соответственно по сравнению со средними значениями за годы проведения исследований (приложения 15, 16).

Изучаемые факторы оказали различное влияние на содержание обменного калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного, о чем свидетельствуют средние данные за три года, приведенные в таблице 11.

Таблица 11 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в 0–30 см слое чернозема выщелоченного (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 5,6	В, НСР ₀₅ = 6,2
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	272	231	227	237	243	238
	P ₄₀ K ₃₀	288	238	231	234		248
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	272	231	230	230		240
Канадская	Контроль	269	229	220	222	241	–
	P ₄₀ K ₃₀	275	252	232	231		–
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	262	234	234	227		–
С, НСР ₀₅ = 12		273	236	229	230	НСР ₀₅ = 24,0	

Дисперсионный анализ полученных данных позволил нам установить, что сорта чечевицы не оказали существенного влияния на содержание обменного калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного. Изучаемые дозы минеральных удобрений, P₄₀K₃₀ и N₂₅P₄₅K₁₈, оказали положительное влияние на содержание обменного калия, и разница с показателями контроля соответственно составила на 10 и 2 мг/кг почвы. Нами отмечено, что существенное увеличение содержания обменного калия по сравнению с контролем и рекомендованной дозой минеральных удобрений обеспечила расчетная доза минеральных удобрений. В среднем по опыту достоверное снижение концентрации обменного калия (37 мг/кг почвы) нами отмечается в период всходов – ветвления, а в остальные межфазные периоды ветвления – цветения и цветения – полной спелости установлено несущественное изменение содержания изучаемого показателя.

Максимальное содержание обменного калия, 288 мг/кг почвы, зафиксировано у сорта Веховская на варианте с дозой минеральных удобрений P₄₀K₃₀ в фазу всходов, а минимальное, 220 мг/кг у сорта Канадская на варианте без удобрений в фазу цветения. Нами отмечено достоверное

снижение содержания обменного калия на 28–57 мг/кг от фазы всходов до цветения и незначительное изменение показателя в фазу полной спелости.

Следует признать, что изучаемые дозы минеральных удобрений не изменили направленности динамики содержания обменного калия в слое почвы 0–30 см в течение вегетации сортов чечевицы. Тем не менее на расчетной дозе удобрений снижение содержания обменного калия отмечается только до фазы ветвления (41 мг/кг у сорта Веховская и 28 мг/кг у сорта Канадская), а при внесении рекомендованной дозы потребление калия из слоя 0–30 см осуществляется до фазы цветения и разница с исходным содержанием составляет для сорта Веховская – 57, а для сорта Канадская – 43 мг/кг почвы.

Устойчивое положительное влияние на содержание в почве обменного калия оказало влияние дозы $P_{40}K_{30}$, но разница с другими вариантами была несущественной во взаимосвязи с сортами во время всего периода вегетации растений чечевицы.

Развитие растений зависит от обеспеченности определенных слоев чернозема выщелоченного доступными формами калия (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия почвы (мг/кг) в посевах чечевицы сорта Веховская (среднее за 2014–2016 гг.)

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 5,4	В, НСР ₀₅ = 8,2
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Контроль	0–10	290	250	241	257	242	265
	10–20	273	228	229	234		243
	20–30	251	215	211	219		224
$P_{40}K_{30}$	0–10	305	259	251	261	248	–
	10–20	290	236	228	228		–
	20–30	270	219	214	213		–
$N_{25}P_{45}K_{18}$	0–10	294	263	253	257	243	–
	10–20	276	231	234	232		–
	20–30	250	206	209	208		–
С, НСР ₀₅ = 10,4		278	234	230	234	НСР ₀₅ = 24,4	

Статистическая обработка данных на примере сорта Веховская приведенная в таблице 12, свидетельствует о том, что тенденция влияния

минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве совпадает с общей по опыту и характеризуется достоверным приростом (на 6 мг/кг) показателя на варианте с рекомендованной дозой удобрений в сравнении с контролем. Доза удобрений $N_{25}P_{45}K_{18}$ не оказала достоверного влияния на показатель. Данная ситуация свидетельствует о росте содержания K_2O в почве в результате применения повышенной дозы K_{30} .

Среднее содержание подвижного калия по всем вариантам опыта снижалось с увеличением глубины отбора почвенных образцов. В среднем по опыту отмечено достоверное снижение в слое 10–20 см на 8, 20–30 см на 15 % в сравнении с 10 см слоем, что обусловлено аккумуляцией большего количества растительных остатков и внесением минеральных удобрений в верхний слой почвы.

В связи с активным питанием растений в период вегетации всходов – ветвления наблюдается достоверное снижение содержания K_2O почвы в среднем на 16 %, в дальнейшем снижение было несущественным.

В слое почвы 0–10 см на варианте с рекомендованной дозой удобрений зафиксирован максимальный показатель концентрации обменного калия на уровне 305 мг/кг почвы. Минимальный показатель, 206 мг/кг, нами отмечен в слое почвы 20–30 см на варианте с дозой $N_{25}P_{45}K_{18}$ в фазу ветвления, однако показатели данного слоя в фазы цветения и полной спелости не имели значительных отличий.

Анализируемая модель данных послойного содержания калия в почве, приведенная в приложении 17, имеет высокую точность аппроксимации ($R^2 = 0,95$). Урожайности культуры имеет весьма высокую корреляционную зависимость от послойного потребления калия растениями чечевицы и выражается следующим уравнением регрессии:

$$y = 0,036x_5 - 0,011x_2 + 0,007x_8 + 0,021x_{10} - 2,842,$$

где y – урожайность чечевицы (т/га); содержание калия (мг/кг): x_1 – в слое почвы 0–10 см в фазу всходов, x_2 – в слое почвы 10–20 см в фазу всходов, x_3 – в слое почвы 20–30 см в фазу всходов, x_4 – в слое почвы 0–10 см в фазу

ветвления, x_5 – в слое почвы 10–20 см в фазу ветвления, x_6 – в слое почвы 20–30 см в фазу ветвления, x_7 – в слое почвы 0–10 см в фазу цветения, x_8 – в слое почвы 10–20 см в фазу цветения, x_9 – в слое почвы 20–30 см в фазу цветения, x_{10} – в слое почвы 0–10 см в фазу полной спелости, x_{11} – в слое почвы 10–20 см в фазу полной спелости, x_{12} – в слое почвы 20–30 см в фазу полной спелости.

Данное уравнение показывает достоверное влияние на урожайность культуры показателей содержания калия в 10–20 см слое почвы в фазы всходов, ветвления и цветения, а также в 0–10 слое почвы в фазу полной спелости. Данная зависимость показывает временной промежуток и слой почвы, из которого потребляется растениями чечевицы наибольшее количество калия.

Обильное количество осадков и применение минеральных удобрений достоверно повышало содержание доступных форм калия в почве. Сорты чечевицы не оказали существенного влияния на содержание обменного калия в черноземе выщелоченном.

4. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ЧЕЧЕВИЦЫ

4.1. Динамика густоты стояния растений

Густота стояния растений определяется не только нормой высева и всхожестью семян, но и выживаемостью растений в период вегетации. В результате трехлетних исследований нами была выявлена следующая закономерность: максимальное количество растений отмечается в период всходов и в дальнейшем снижается, вплоть до фазы полной спелости.

В процессе формирования урожая густота стояния растений определяет уровень продуктивности. Для получения высоких урожаев необходима оптимальная густота в зависимости от сорта культуры, так как ее увеличение или чрезмерное снижение неизменно приводит к уменьшению объема урожая.

Одним из факторов, влияющих на густоту стояния растений являются погодные условия. Несвоевременные и обильные осадки, повышение и понижение температур в критические периоды развития растений приводят к снижению густоты стояния растений. В наиболее благоприятном по погодным условиям 2016 году густота стояния превышала аналогичные показатели 2014 и 2015 годов, и разница составила в среднем на контроле 11–5, на вариантах с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений 12-6, на расчетной дозе 12-7 шт/м² (приложение 18). В 2014 году выпало наибольшее количество осадков за годы исследований, но отмечено наиболее низкое значение густоты стояния растений чечевицы. На наш взгляд, это связано не только с обильными ливневыми осадками в фазу всходов и ветвления, но и с ухудшением фитосанитарной обстановки и неблагоприятными почвенными условиями.

Математическая обработка полученных данных показала, что в среднем густота растений чечевицы сорта Веховская была незначительно

выше, чем у сорта Канадская, и разница составила 2 шт/м² (приложение 19). В сравнении с контролем применение минеральных удобрений достоверно увеличило изучаемый показатель: так, на рекомендованной дозе прирост составил 7, на расчетной – 9 шт/м². В процессе вегетации наблюдалась отрицательная динамика изменения густоты стояния растений чечевицы. Отмечено достоверное снижение показателя от фазы всходов к полной спелости. В период всходов – ветвления густота снизилась на 24, в период ветвления – цветения – на 28, в период цветения-полная спелость – на 27 шт/м².

Тенденция снижения густоты стояния растений в процессе вегетации сохранялась для всех вариантов. На варианте с дозой N₂₅P₄₅K₁₈ у сорта Канадская (рисунок 6) была отмечена максимальная густота стояния растений в фазы всходов (180 шт/м²) и ветвления (154 шт/м²), что обусловлено более высокой рекомендованной нормой высева по сравнению с сортом Веховская. На вариантах с расчетной дозой минеральных удобрений густота стояния растений чечевицы сорта Канадская была значительно выше контроля в фазы всходов и ветвления, к фазе цветения разница стала незначительной. У сорта Веховская (рисунок 5) густота стояния растений на удобренных участках существенно превышала контроль только в фазу ветвления, в прочие фазы разница была незначительна. Минимальный показатель густоты стояния, 73 шт/м², зафиксирован у сорта Канадская на фоне без удобрений.

Анализируемая модель зависимости урожайности сортов чечевицы от густоты стояния растений, приведенная в приложении 20, имеет удовлетворительную точность детерминации при $R^2 = 0,89$. Между густотой стояния растений и урожайностью сортов чечевицы установлена весьма высокая корреляционная связь, $R = 0,94$, выражающаяся уравнением:

$$y = 0,033x_4 - 0,018x_3 - 3,156,$$

где y – урожайность чечевицы (т/га), x_1 – густота растений (шт/м²) в фазу всходов, x_2 – густота растений (шт/м²) в фазу ветвления, x_3 – густота

растений (шт/м²) в фазу цветения, x_4 – густота растений (шт/м²) в фазу полной спелости.

Полученное уравнение регрессии свидетельствует о том, что независимо от выбора дозы удобрений густота стояния растений в фазы цветения и полной спелости оказывает определяющее влияние на продуктивность сортов чечевицы.

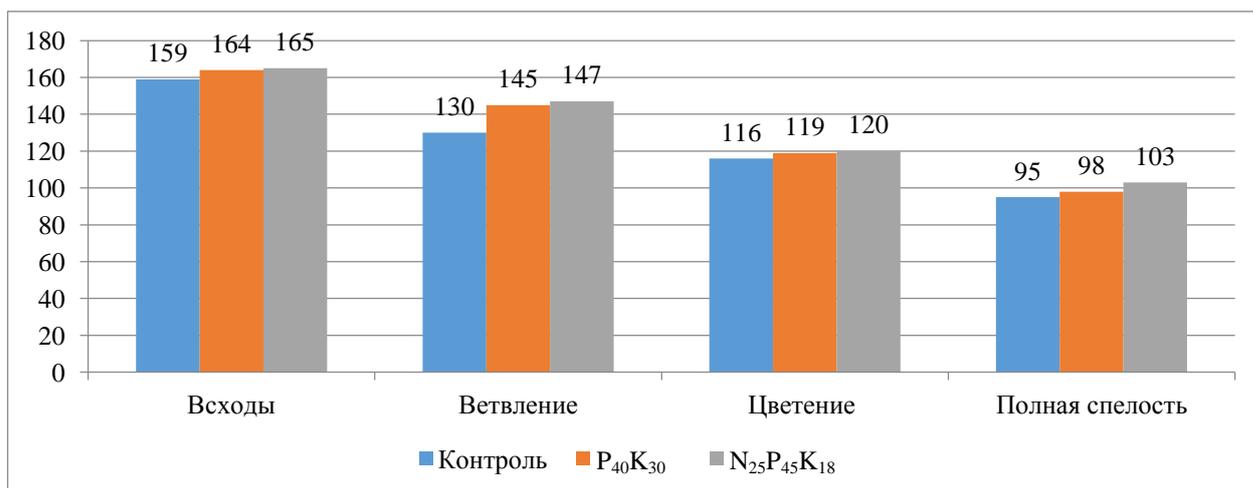


Рисунок 5 – Динамика густоты стояния растений чечевицы сорта Веховская (шт/м²) в связи с применением минеральных удобрений (среднее за 2014–2016 гг.)

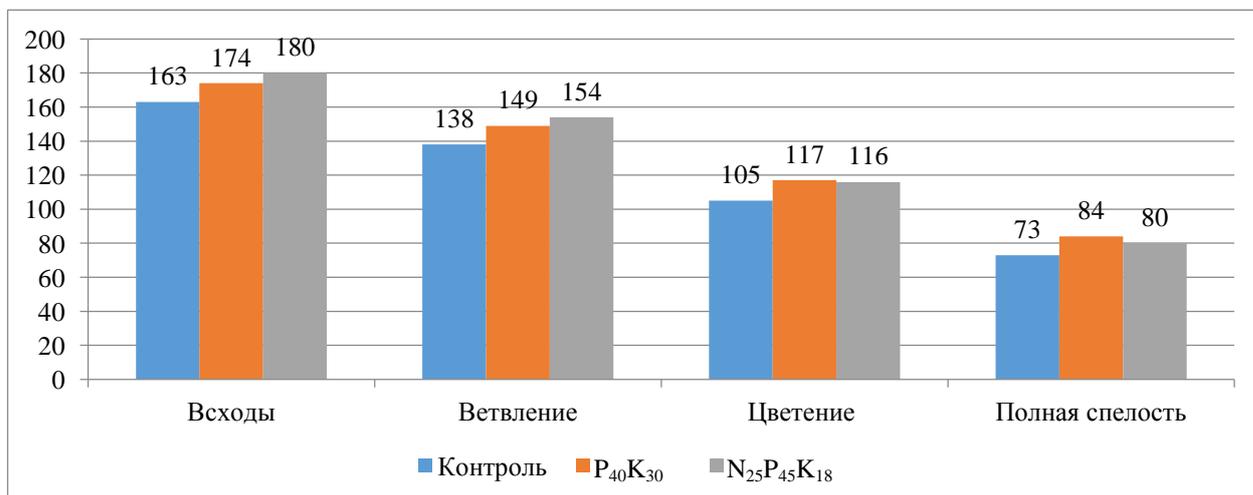


Рисунок 6 – Динамика густоты стояния растений чечевицы сорта Канадская (шт/м²) в связи с применением минеральных удобрений (среднее за 2014–2016 гг.)

Густота стояния растений чечевицы сорта Канадская была значительно выше по сравнению с этим показателем сорта Веховская в начале вегетации.

К концу вегетации произошло существенное снижение густоты, что и привело к снижению урожайности по сравнению с урожайностью сорта Веховская.

На основе результатов трехлетних исследований нами сделан вывод о том, что погодные условия оказывают существенное влияние на показатели густоты стояния растений чечевицы, что нашло свое подтверждение в различиях в годы проведения опытов. Изучаемые сорта не оказали существенного влияния на динамику густоты стояния растений чечевицы, а применение минеральных удобрений достоверно увеличивало относительно контроля изучаемый показатель. Плотность растений чечевицы на всех вариантах снижалась во время вегетации, а расчетная доза минеральных удобрений оказала существенное влияние на густоту стояния лишь в начале вегетации (всходы и ветвление).

4.2. Динамика накопления сухой биомассы

В результате исследований нами установлено, что применение минеральных удобрений и улучшение условий питания оказывает положительное влияние на рост и развитие растений. Состав и количество применяемых удобрений определяет интенсивность накопления биомассы растений. Так же темпы накопления биомассы растениями обусловлены такими процессами как углеводно-белковый обмен, дыхание, фотосинтез.

Накопление сухой биомассы растениями чечевицы и его динамика обусловлены совокупностью почвенных, климатических, агрохимических и прочих условий, сложившихся в период роста и развития. На основе результатов трехлетних исследований нами сделан вывод о существенном влиянии погодных условий на накопление сухой биомассы растениями чечевицы. В неблагоприятном для роста и развития растений чечевицы 2014 году накопление сухой биомассы по сравнению с 2015 и 2016 годами было значительно ниже и в среднем разница составила: на контроле

0,12–0,21, на рекомендованной дозе 0,16–0,23, на расчетной дозе – 0,15–0,26 т/га соответственно (приложение 21). Данная ситуация обусловлена не только выпадением обильных ливневых осадков в начале вегетации культуры, приведшим к смыванию неокрепших растений, но и ухудшением условий питания, неблагоприятной фитосанитарной обстановкой. В 2015 и 2016 годах отмечено более равномерное выпадение осадков.

Дисперсионный анализ полученных данных, приведенный в приложении 22, показал, что в среднем по опыту сорта чечевицы оказали существенное влияние на накопление сухой биомассы растений. Так, показатель биомассы растений сорта Веховская был выше на 0,33 т/га аналогичного показателя сорта Канадская. Данный факт обусловлен биологическими особенностями сортов. Применение минеральных удобрений обеспечило достоверную прибавку сухой биомассы растений, разница с контролем составила на рекомендованной дозе – 0,6 и на расчетной – 0,77 т/га. Опираясь на полученные данные, можно констатировать, что на всех анализируемых фонах питания накопление сухой биомассы в процессе роста и развития чечевицы имело общую тенденцию – устойчивое повышение от фазы всходов к фазе полной спелости. В среднем по опыту отмечена значительная прибавка биомассы растений, которая в зависимости от периодов составила: всходы – ветвление – 3, ветвление – цветение 2,34, цветение – полная спелость 1,8 т/га.

Изучаемые дозы минеральных удобрений стимулировали накопление сухой биомассы чечевицы в течение вегетации культуры. Существенная разница биомассы растений по сравнению с контролем была достигнута в фазы цветения и полной спелости. Биомасса растений чечевицы сорта Веховская (рисунок 7) в фазу цветения была существенно выше на удобренных вариантах, и разница с контролем составила 1,15 т/га на $P_{40}K_{30}$ и 1,3 т/га на $N_{25}P_{45}K_{18}$. У сорта Канадская (рисунок 8) наблюдается аналогичная тенденция, разница с контролем на рекомендованной дозе составила 0,59 т/га, на расчетной 0,71 т/га. В фазу полной спелости достоверная разница с

контролем составила на рекомендованной дозе 1,7 и 0,87 т/га, на расчетной 2,2 и 1,19 т/га для сорта Веховская и Канадская соответственно. Расчетная доза минеральных удобрений позволила чечевице сорта Веховская достичь максимальных показателей накопления биомассы на протяжении всего срока вегетации. Наименьший объем накопления биомассы по фазам развития зафиксирован у сорта Канадская на контрольном варианте.

В процессе роста и развития растений чечевицы от фазы к фазе повышалась сухая биомасса растений. По результатам проведенных исследований нами сделан вывод о том, что изучаемые сорта чечевицы оказали существенное влияние на накопление сухой биомассы растениями. Так показатели у сорта Веховская были значительно выше, чем у сорта Канадская. Аналогично относительно контроля применение минеральных удобрений существенно повысило изучаемый показатель.

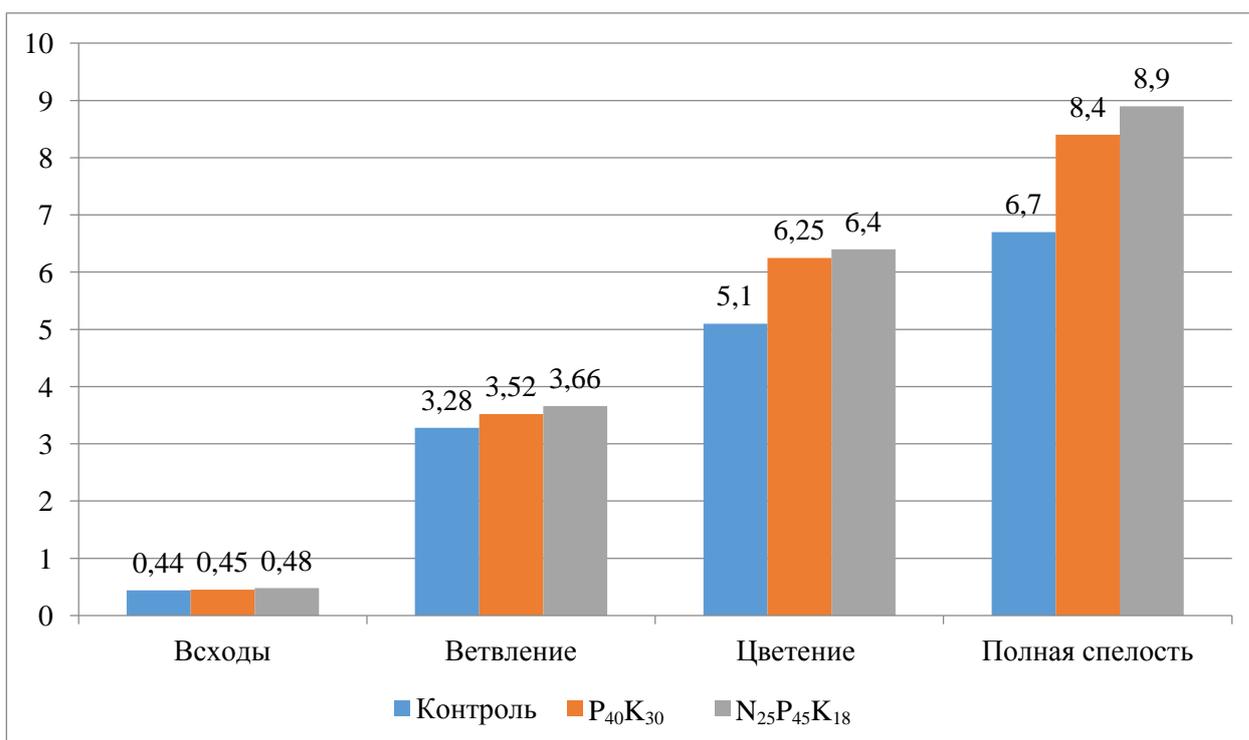


Рисунок 7 – Накопление сухой биомассы растениями чечевицы сорта Веховская (т/га) в зависимости от применения минеральных удобрений (среднее за 2014–2016 гг.)

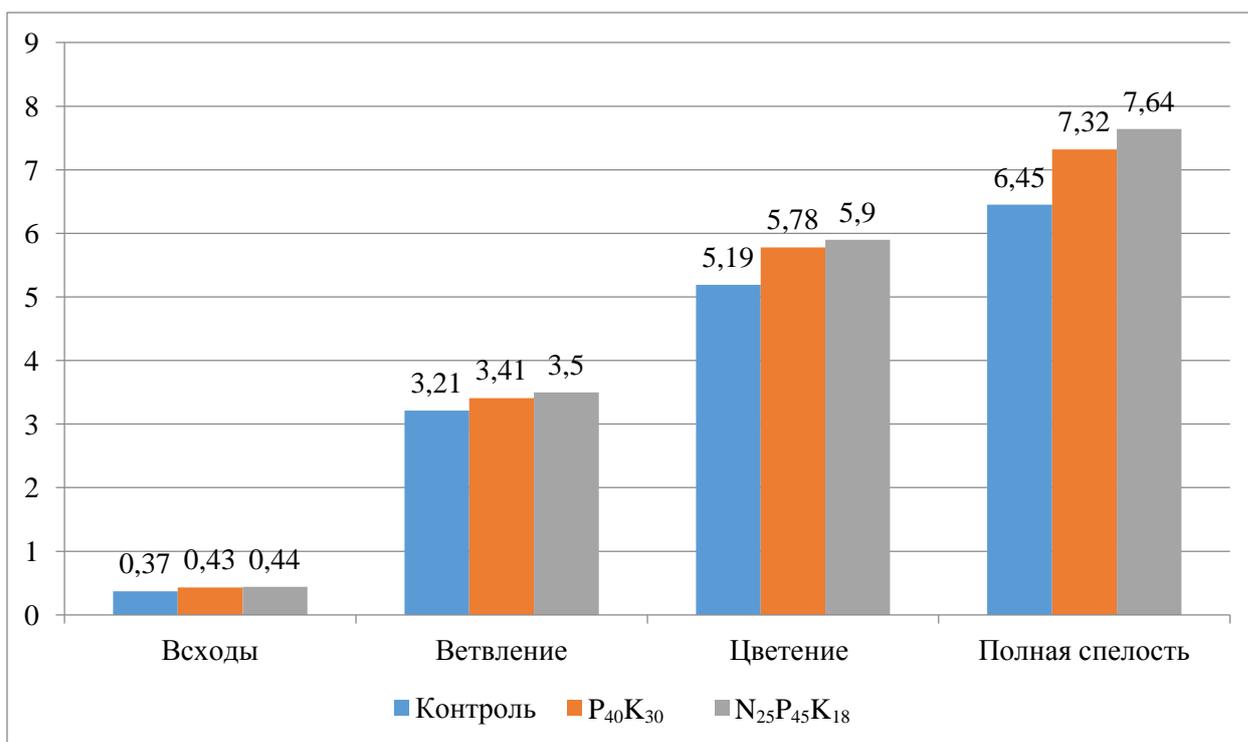


Рисунок 8 – Накопление сухой биомассы растениями чечевицы сорта Канадская (т/га) в зависимости от применения минеральных удобрений (среднее за 2014–2016 гг.)

4.3. Динамика элементов питания в растениях чечевицы

4.3.1. Содержание азота

Значимость азота в жизнедеятельности растений переоценить довольно сложно. Азот входит в состав всех без исключения белков и белковых соединений, участвует в передаче наследственных свойств организма. Также он присутствует в составе ДНК и РНК, некоторых витаминов, хлорофилла, алкалоидов и прочих органических веществ. Азот благодаря амфотерным свойствам белков, в состав которых он входит, оказывает существенное влияние на поглотительную деятельность корней (Шеуджен А. Х., 2010).

Содержание азота в растениях чечевицы сильно зависит от погодных условий конкретного года. При выпадении количества атмосферных осадков меньше многолетней нормы биомасса растений снижается, а концентрация азота в растениях повышается. В наименее благоприятном по увлажнению

2015 году исследований концентрация азота в растениях чечевицы была выше в сравнении с 2014 и 2016 годами. Так, в среднем на контроле содержание элемента было выше на 0,17–0,11, на вариантах с внесением рекомендованной дозы – на 0,14–0,09, на расчетной дозе – на 0,15–0,09 % в сравнении с 2014,2016 годами соответственно (приложение 23).

Математическая обработка данных, приведённая в таблице 13, показала, что содержание азота в растениях чечевицы сорта Канадская было незначительно выше в сравнении с этим же показателем у сорта Веховская и разница составила 0,02 %. Применение минеральных удобрений по сравнению с контролем достоверно повысило концентрацию изучаемого элемента в растениях чечевицы на 0,17 и 0,35 % для рекомендованной и расчетной доз соответственно. На вариантах с внесением дозы $N_{25}P_{45}K_{18}$ содержание азота в растениях было значительно выше, на 0,18 %, в сравнении вариантом внесения $P_{40}K_{30}$. Данная ситуация обусловлена составом вносимых минеральных удобрений. На протяжении всего периода вегетации наблюдается достоверное снижение содержания азота в растениях, что вызвано в большей степени увеличением их биомассы. Так, в межфазный период всходов – ветвления снижение составило 1,24, в период ветвления – цветения 0,46, цветения – полной спелости – 1,32 %.

Таблица 13 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов чечевицы (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,04	В, НСР ₀₅ = 0,12
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	4,29	3,02	2,41	1,28	2,92	2,75
	$P_{40}K_{30}$	4,42	3,24	2,58	1,42		2,92
	$N_{25}P_{45}K_{18}$	4,69	3,45	2,79	1,47		3,10
Канадская	Контроль	4,22	2,87	2,46	1,33	2,94	–
	$P_{40}K_{30}$	4,32	3,18	2,96	1,43		–
	$N_{25}P_{45}K_{18}$	4,60	3,32	3,13	1,45		–
С, НСР ₀₅ = 0,16		4,42	3,18	2,72	1,40	НСР ₀₅ = 0,26	

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{25}P_{45}K_{18}$ в сравнении с контролем и рекомендованной дозой привело к достоверному повышению концентрации азота в растениях в фазу всходов на 0,4–0,27 и 0,38–0,28 % для сортов Веховская и Канадская соответственно. В дальнейшем значительной разницы между удобренными вариантами не наблюдалось. К фазе полной спелости разница между вариантами стала незначительной. Максимальное содержание азота в растениях зафиксировано в фазу всходов – 4,69 и ветвления – 3,45 % у сорта Веховская на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений. Минимальный показатель для обоих сортов был отмечен на контрольных вариантах с наименьшим значением у сорта Веховская – 1,28 %.

После изучения полученных данных нами сделан вывод о том, что содержание азота в растениях обоих сортов существенно не различается. Внесение расчетной дозы минеральных удобрений повысило содержание изучаемого элемента в растениях не только в сравнении с контролем, но и с рекомендованной дозой. Также нами отмечено значительное снижение концентрации азота с нарастанием биомассы растений чечевицы. Погодные условия оказали значительное влияние на содержание элемента во время вегетации в растениях: в засушливый год концентрация азота в чечевице была выше по сравнению с данным показателем в годы с более высокими условиями увлажнения.

4.3.2. Содержание фосфора

Фосфор является одним из важнейших и жизненно необходимых элементов питания растений. Подавляющее большинство растений испытывает острую потребность в фосфоре в начальный период роста и развития. Значительное влияние на содержание фосфора в почве оказывают режим увлажнения и температура. Перегруппировка активных форм фосфора и уменьшение легкорастворимых форм зачастую вызваны резкими

колебаниями влажности почвы в пахотном слое. Фосфор играет важнейшую роль в синтезе и деятельности нуклеопротеидов, в биосинтезе сложных углеводов, таких как сахароза, крахмал, дисахаридаы и полисахаридаы.

На основании результатов проведенных исследований нами отмечено значительное влияние погодных условий на содержание фосфора в растениях чечевицы. Наибольшая концентрация изучаемого элемента отмечалась в 2015 году, в котором выпало наименьшее количество осадков за весь период исследований. В этот период содержание фосфора в растениях на всех вариантах в среднем превышало аналогичные показатели за 2014 и 2016 годы: в фазу всходов – на 0,07–0,05, ветвления – на 0,07–0,04, цветения – на 0,07–0,04, полной спелости – на 0,03–0,04 (приложение 24). Нами отмечено, что концентрация фосфора в растениях чечевицы неуклонно снижалась на протяжении всего периода вегетации. С нарастанием биомассы растений концентрация изучаемого элемента снижалась.

Математическая обработка полученных данных показала, что сорта чечевицы не оказали существенного влияния на содержание фосфора в растениях. Так, в чечевице сорта Веховская содержание фосфора было на 0,02 выше по сравнению с данным показателем сорта Канадская. Изучаемые дозы минеральных удобрений достоверно увеличили концентрацию исследуемого элемента в сравнении с контролем, и разница составила в среднем с рекомендованной дозой 0,04, а с расчетной дозой – 0,05 %. Между собой дозы минеральных удобрений не обеспечили существенной разницы показателей концентрации фосфора в растениях. Отрицательная динамика содержания фосфора наблюдается на протяжении всего периода вегетации растений на всех вариантах опыта. Так, в период всходов – ветвления отмечено недостоверное снижение на 0,02 %, в период ветвления – цветения отмечено значительное снижение на 0,08 и на 0,14 % в период цветения – полной спелости. Данная тенденция обусловлена разбавлением элемента в результате нарастания биомассы растений чечевицы и биологическими особенностями культуры (таблица 14).

Максимальное содержание фосфора в растениях наблюдается в фазу всходов по всем вариантам и снижается в процессе онтогенеза вплоть до полной спелости. Содержание фосфора в растениях чечевицы сорта Веховская на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений был незначительно выше, чем во всех исследуемых вариантах. Максимальный уровень концентрации изучаемого показателя в растениях, 0,45 %, отмечен у сорта Веховская на фоне расчетной дозы минеральных удобрений, минимум же, 0,16 %, зафиксирован на варианте без удобрений у сорта Канадская.

Таблица 14 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях сортов чечевицы (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,02	В, НСР ₀₅ = 0,03
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	0,38	0,37	0,32	0,17	0,34	0,31
	P ₄₀ K ₃₀	0,44	0,41	0,35	0,19		0,35
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0,45	0,46	0,35	0,20		0,36
Канадская	Контроль	0,37	0,34	0,29	0,16	0,32	–
	P ₄₀ K ₃₀	0,42	0,40	0,32	0,17		–
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0,44	0,42	0,30	0,18		–
С, НСР ₀₅ = 0,04		0,42	0,40	0,32	0,18	НСР ₀₅ = 0,08	

На протяжении вегетации чечевицы изучаемые дозы минеральных удобрений оказали положительное влияние на содержание в растениях фосфора и разница с контролем составила: для сорта Веховская в фазу всходов 0,07–0,08, в фазу ветвления – 0,04–0,09 %, в фазу цветения – 0,03, в фазу полной спелости – 0,02–0,03; для сорта Канадская в фазу всходов 0,05–0,07, в фазу ветвления – 0,06–0,08, в фазу цветения – 0,03–0,02, фазу полной спелости – 0,01–0,02 %. Во все сроки учета содержание фосфора в растениях чечевицы независимо от фона питания у сорта Веховская оказалось выше на 0,01–0,04 % по сравнению с аналогичными показателями сорта Канадская.

Максимальное содержание фосфора в растениях чечевицы обеспечила расчетная норма минеральных удобрений на всех сортах во все фазы развития.

Применение минеральных удобрений достоверно повышает содержание изучаемого элемента в растениях чечевицы вне зависимости от сорта. Содержание фосфора в растениях чечевицы сорта Веховская незначительно выше аналогичных показателей сорта Канадская.

4.3.3. Содержание калия

Вынос калия растениями довольно высок, и он значительно превосходит по объемам потребления фосфор и незначительно уступает азоту. Благодаря присутствию калия в почвенном растворе активизируются механизмы синергизма в процессе поглощения некоторых ионов ввиду того что калий в этом случае выступает антагонистом отдельных катионов. Изменение концентрации калия в растениях зависит от погодных условий, вида и возраста растений (Агеев В.В., Подколзин А.И., 2005).

Проанализировав трехлетние данные, мы сделали вывод о том, что погодные условия оказали существенное влияние на содержание калия в растениях. В наиболее засушливом 2015 году содержание калия в растениях превышало показатели 2014 и 2016 годов в фазу всходов на 0,07–0,04, ветвления – на 0,12–0,05, цветения – на 0,08–0,04, полной спелости – на 0,09–0,05 % (приложение 25). Динамика изменения содержания калия во время вегетации культуры имела единую направленность: достоверное снижение содержания элемента от фазы всходов до полной спелости.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что на содержание калия в растениях сорта чечевицы достоверного влияния не оказали (таблица 15).

Напротив, на фоне контроля применение минеральных удобрений привело к значительному увеличению содержания элемента в растениях

чечевицы в среднем на 0,15 и 0,09 % для рекомендованной и расчетной доз соответственно.

Таблица 15 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 0,03	В, НСР ₀₅ = 0,06
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	3,10	2,22	1,19	0,53	1,84	1,76
	P ₄₀ K ₃₀	3,50	2,34	1,28	0,53		1,91
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	3,37	2,31	1,24	0,49		1,85
Канадская	Контроль	3,12	2,25	1,20	0,52	1,85	–
	P ₄₀ K ₃₀	3,49	2,40	1,30	0,54		–
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	3,34	2,24	1,27	0,53		–
С, НСР ₀₅ = 0,07		3,32	2,29	1,25	0,52	НСР ₀₅ = 0,16	

Также нами отмечено, что содержание изучаемого элемента в растениях чечевицы на фоне рекомендованной дозы удобрений было значительно выше в сравнении с расчетной дозой и разница составила 0,06 %. Достоверное снижение концентрации калия отмечено на протяжении всего периода вегетации культуры, которое составило в межфазный период всходов – ветвления 1,09, ветвления – цветения – 1,04, цветения – полной спелости 0,73 %.

Содержание калия в растениях достоверно снижалось от фазы всходов до полной спелости на всех вариантах. Рекомендованная доза минеральных удобрений обеспечила повышение концентрации калия в растениях по сравнению с контролем и расчетной дозой. Разница показателей составила в фазу всходов на 0,4–0,13 и 0,37–0,15, ветвления – на 0,12–0,03 и 0,16–0,15, цветения – на 0,09–0,04 и 0,10–0,03, полной спелости – на 0,01 и 0,02–0,01 % для сортов Веховская и Канадская соответственно. Максимальное содержание калия в растениях вне зависимости от сорта наблюдалось на вариантах с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений по всем фазам развития. Во всех сроках учета калия в растениях чечевицы

независимо от фона питания значения содержания показателя для обоих сортов не имели значительных отличий.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в процессе накопления биомассы в растениях снижается концентрация калия. Сорта чечевицы не оказывают существенного влияния на содержание калия в растениях, однако внесение минеральных удобрений существенно повышало концентрацию элемента. С увеличением дозы вносимого калия повышалась и его концентрация в растениях.

4.4. Влияние минеральных удобрений на образование клубеньков

Свободно живущие в почве бактерии рода *Rizobium* способны вступать в симбиоз с растениями. Результатом такого симбиоза является возможность фиксации атмосферного азота. В отдельности от растения данные бактерии не способны фиксировать молекулярный азот (Гарипова С. Р., 2010).

В процессе симбиоза растение обеспечивает бактерии питательными веществами и создает благоприятные условия для жизни, а бактерии, в свою очередь, снабжают растение азотом. Реакцией растения на симбиоз является уродливое разрастание тканей. В случае недостатка некоторых элементов питания, в частности бора, бактерии могут стать паразитами. Благодаря выращиванию бобовых культур можно накапливать азот в почве (Артемьев Е. Г., Еремин Д. И., 2009).

Особенность применения минеральных удобрений обусловлена способностью растений бобовых культур вступать в симбиоз с клубеньковыми бактериями и фиксировать азот из воздуха. Этот процесс может быть настолько эффективным, что за счет фиксации азота растение может удовлетворить потребность в нем вплоть до 90% (Фиксен П. И., 2010).

В ходе изучения показателей, приведенных в таблице 16, нами установлено, что сорта чечевицы оказали существенное влияние на количество образуемых клубеньков. В среднем по сорту Веховская

количество клубеньков на одном растении было выше в сравнении с сортом Канадская, и разница составила 4 шт.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что количество сформированных клубеньков на варианте с применением удобрений в дозе $P_{40}K_{30}$ было достоверно выше контроля на 3,6 и варианта с расчетной дозой удобрений – на 1,2 шт. Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что применение минеральных удобрений оказало достоверное влияние на количество сформированных клубеньков на корнях растений чечевицы.

Таблица 16 – Влияние минеральных удобрений на количество клубеньков (шт.) на одном растении сортов чечевицы (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В	Фаза развития, С				А, $НСР_{05} = 0,8$	В, $НСР_{05} = 0,6$
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	12,4	15,0	21,8	12,1	18,0	14,0
	$P_{40}K_{30}$	15,7	20,5	26,3	17,6		17,6
	$N_{25}P_{45}K_{18}$	14,9	18,8	25,5	15,8		16,4
Канадская	Контроль	9,4	12,8	19,2	9,1	14,0	–
	$P_{40}K_{30}$	11,6	13,9	20,7	14,7		–
	$N_{25}P_{45}K_{18}$	10,7	13,3	19,1	13,2		–
С, $НСР_{05} = 0,8$		12,5	15,7	22,1	13,8	$НСР_{05} = 2,3$	

Нами отмечено достоверное влияние срока отбора образцов на количество клубеньков на одном растении. Наблюдается тенденция увеличения количества клубеньков от фазы всходов к фазе цветения со значительным снижением в фазу полной спелости. Значительный прирост количества клубеньков составил: в период всходов – ветвления 3,2 шт., ветвления – цветения 6,4 шт. на одно растение. В период цветения – полной спелости отмечено существенное снижение количества клубеньков на корнях растений на 8,3 шт. Данное снижение обусловлено оттоком питательных элементов от корней к бобам.

Количество сформировавшихся клубеньков на одном растении у сорта Веховская по сравнению с сортом Канадская, было выше на всех вариантах, и разница составила: всходы – 3,0–4,2, ветвление – 2,2–6,6, цветение 2,6–6,4, полная спелость – 2,6–3,0 шт. На удобренных вариантах количество клубеньков по сравнению с контролем возросло. Внесение рекомендованной дозы минеральных удобрений обеспечило максимальный показатель количества клубеньков для обоих сортов, который у сорта Веховская оказался существенно выше по сравнению с контролем, и разница составила: всходы – 3,3, ветвление – 5,5, цветение – 4,5, полная спелость – 5,5; у сорта Канадская разница была незначительна. Нами отмечено, что на контрольном варианте сорта Канадская формировалось наименьшее количество клубеньков по сравнению с остальными вариантами опыта.

На основе приведенных данных можно сделать вывод о том, что на корнях растений чечевицы сорта Веховская клубеньков образуется больше по сравнению с сортом Канадская. Также внесение минеральных удобрений способствует образованию клубеньков на корнях растений, существенно повышая их количество по сравнению с контрольными вариантами.

5. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЧЕЧЕВИЦЫ

5.1. Формирование структуры урожая

На территории опытной сельскохозяйственной станции Ставропольского государственного аграрного университета было изучено внесение минеральных удобрений в дозе $N_{25}P_{45}K_{18}$ под различные сорта чечевицы. Было установлено, что применение полного удобрения повышает урожайность сортов чечевицы в среднем на 0,68 т/га по сравнению с контролем (Галда Д. Е., 2014, 2015; Есаулко А. Н., Галда Д. Е., 2016).

Общепринято, что состав слагающих частей урожая после созревания определяет структуру урожая. Для чечевицы основными элементами структуры урожая являются: количество растений на единицу площади в момент уборки, количество продуктивных стеблей, количество и вес плодов с одного растений, масса тысячи семян. Совокупность данных элементов напрямую влияет на уровень биологической урожайности.

Одним из определяющих факторов формирования структуры урожая являлись погодные условия во время проведения исследований. В 2014 году неблагоприятные погодные условия, особенно в начале вегетации, оказали негативное влияние на густоту стояния растений с момента уборки, что в конечном итоге привело к снижению биологической урожайности. В связи с этим биологическая урожайность на вариантах в 2014 году по сравнению с показателями 2015 и 2016 годов оказалась ниже для сорта Веховская: на контроле – на 0,27–0,32, на рекомендованной дозе минеральных удобрений – на 0,24–0,36, на расчетной дозе – на 0,21–0,52; у сорта Канадская – на контроле – 2,5–3,7, на рекомендованной дозе – на 0,25–0,85, на расчетной дозе – на 0,39 т/га (приложение 26).

Проанализировав данные, приведенные в таблице 17, мы сделали вывод о том, что независимо от фона питания показатели структуры урожая у

сорта Веховская значительно превышали аналогичные показатели сорта Канадская, за исключением количества бобов на одном растении и количества семян в бобе. Для более детального изучения приведенных данных рассмотрим каждый показатель структуры урожайности по отдельности.

Количество растений, сохранившихся к уборке у сорта Веховская, было выше по сравнению с сортом Канадская, и разница составила: контроль – 21, $P_{40}K_{30}$ – 14, $N_{25}P_{45}K_{18}$ – 23 шт. Внесение минеральных удобрений увеличивало густоту стояния растений чечевицы и позволило увеличить число растений по сравнению с контролем у сорта Веховская на 3–8, а у сорта Канадская на 10–7 в зависимости от фона питания растений.

Разница высоты растений между сортами была незначительна и не превышала 1 см. Внесение изучаемых доз минеральных удобрений несущественно увеличивало линейный рост растений у изучаемых сортов (1–3 см), а максимальная высота у всех сортов нами отмечалась на фоне с расчетной дозой минеральных удобрений.

Высота прикрепления нижнего боба у растений сорта Веховская по сравнению с сортом Канадская была выше в среднем на 2 см, что благоприятно влияет на качество уборочных работ. Внесение дозы удобрений $N_{25}P_{45}K_{18}$ привело к увеличению показателя у обоих сортов по сравнению с контролем.

Количество бобов на одном растении чечевицы у сорта Канадская было значительно выше по сравнению с сортом Веховская, и разница составила на контроле – 17,3, на рекомендованной дозе – 14, на расчетной дозе удобрений – 20,7 шт. Внесение минеральных удобрений в дозах $P_{40}K_{30}$ и $N_{25}P_{45}K_{18}$ повысили количество бобов на одном растении у сорта Веховская на 4–2, у сорта Канадская на 1–5 шт. соответственно.

Таблица 17 – Влияние минеральных удобрений на формирование параметров структуры урожая сортов чечевицы, (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорта	Доза удобрений	Количество растений, шт/м ²	Высота растений, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Количество бобов на 1 растении, шт.	Количество зерен в бобе, шт.	Масса зерен с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га
Веховская	Контроль	95	48	12	19,8	1,2	1,6	65,1	1,51
	P ₄₀ K ₃₀	98	49	13	23,8	1,3	2,1	67,2	2,09
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	103	51	14	21,7	1,5	2,2	69,4	2,28
Канадская	Контроль	73	47	10	37,2	1,6	1,6	26,8	1,20
	P ₄₀ K ₃₀	84	48	11	37,9	1,7	1,9	29,0	1,58
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	80	50	12	42,4	1,9	2,3	28,8	1,84
НСР ₀₅ =		5,2	3,4	1,5	2,0	0,25	0,24	2,6	0,30

Проанализировав показатель «Число зерен в одном бобе» нами сделан вывод, что в среднем их количество у сорта Канадская было выше по сравнению с сортом Веховская на всех вариантах изучаемого опыта. Разница между сортами составила 0,37–0,40 шт. в одном бобе, что, на наш взгляд, обусловлено сортовыми особенностями. Внесение минеральных удобрений, также обеспечило прибавку количества зерен в бобе по сравнению с контролем. В среднем у сорта Веховская прибавка составила – 0,1–0,2 шт, а у сорта Канадская – 0,1–0,3 шт. в одном бобе на рекомендованной и расчетной дозах минеральных удобрений соответственно.

Масса зерен с одного растения между изучаемыми сортами чечевицы независимо от фона питания оказалась практически равной. По сравнению с контролем внесение минеральных удобрений повысило массу зерен с одного растения чечевицы, и прибавка составила: у сорта Веховская на рекомендованной дозе – 0,53, на расчетной дозе – 0,62; у сорта Канадская – соответственно 0,24 и 0,65 г.

Анализ данных, представленных в таблице 17, позволил установить достоверное увеличение массы 1000 зерен у сорта Веховская. В связи с тем, что семена чечевицы сорта Веховская по сравнению с сортом Канадская крупнее, данный показатель имел существенную разницу, которая составляла: на контроле – 38,3, на рекомендованной дозе – 38,2, на расчетной дозе – 40,5 г. Минеральные удобрения оказали существенное влияние на прибавку массы 1000 семян. Так, у сорта Веховская по сравнению с контролем максимальную прибавку показателя обеспечила расчетная доза минеральных удобрений, которая составила 4,23 г, на рекомендованной дозе разница составила 2,03 г. У сорта Канадская прибавка к массе 1000 семян на обоих удобренных вариантах не имела существенных отличий и составила 2,13–2,00 г для рекомендованной и расчетной доз удобрений соответственно.

Биологическая урожайность является основным показателем для определения продуктивности сельскохозяйственных культур. Показатели биологической урожайности чечевицы сорта Веховская были существенно

выше по сравнению с сортом Канадская на всех вариантах. Разница между сортами составила на контроле – 0,31, на рекомендованной дозе – 0,51, на расчетной дозе – 0,44 т/га. Несмотря на то, что у чечевицы сорта Канадская такие показатели, как количество бобов с одного растения, количество зерен в бобе выше по сравнению с сортом Веховская, определяющим фактором стала густота стояния растений, масса зерен с одного растения и масса 1000 семян. Расчетная доза минеральных удобрений обеспечила максимальную биологическую урожайность для обоих сортов, которая по сравнению с контролем дала прибавку у сорта Веховская – 0,769, у сорта Канадская – 0,636 т/га. Рекомендованная доза минеральных удобрений по сравнению с контролем обеспечила прибавку у сорта Веховская – 0,575, у сорта Канадская – 0,381 т/га.

На основе результатов корреляционно-регрессионного анализа нами установлена весьма высокая зависимость биологической урожайности чечевицы от показателей основных элементов структуры урожайности, выражающаяся уравнением

$$y = 0,18x_1 + 0,06x_2 - 0,31x_4 + 0,14x_7 - 2,92,$$

где y – биологическая урожайность чечевицы (т/га), x_1 – количество растений (шт/м²), x_2 – высота растений, x_3 – высота прикрепления нижнего боба, x_4 – количество бобов на 1 растении, x_5 – количество зерен в бобе, x_6 – масса зерен с 1 растения, x_7 – масса 1000 семян.

При высокой точности аппроксимации ($R^2 = 0,996$) существенное влияние на биологическую урожайность оказывают следующие показатели структуры урожайности: количество растений на квадратный метр, высота растений, количество бобов на одном растении, масса 1000 зерен.

По результатам приведенных выше данных нами сделан вывод о том, что сорт чечевицы Веховская оказался устойчивее к неблагоприятным факторам окружающей среды и обеспечил более высокую густоту растений к моменту уборки. Внесение минеральных удобрений достоверно повышало

биологическую урожайность чечевицы обоих сортов, но максимальную урожайность обеспечила расчетная доза минеральных удобрений.

5.2. Урожайность семян

Количественным выражением взаимодействия агротехнологических и агрохимических приёмов с окружающей средой является урожайность сельскохозяйственных культур. Получение высоких и стабильных урожаев возможно обеспечить только путем проведения экспериментов с целью исследования потребности растений в элементах питания.

В условиях Ставропольской возвышенности внесение минеральных удобрений в дозе $P_{40}K_{30}$ под чечевицу значительно повышает урожайность культуры по сравнению с контролем в среднем на 0,5 т/га (Галда Д. Е., Есаулко А. Н., 2017).

Существенное влияние на продуктивность сортов чечевицы оказали погодные условия, сложившиеся в период исследования.

Урожайность чечевицы по обоим сортам, полученная в среднем по опыту в 2014 году в виду неблагоприятных погодных условий уступала продуктивности в 2015 и 2016 годах. Неравномерное распределение атмосферных осадков, ливневый характер их выпадения в начале вегетации культуры, резкие колебания температурного режима привели к существенному снижению урожая. В сравнении с трехлетними данными для сорта Веховская и Канадская снижение урожайности составило: на контроле – 0,22 и 0,20, на рекомендованной дозе – 0,18 и 0,34, на расчетной – 0,19 и 0,29 т/га соответственно. Неблагоприятные условия не позволили получить планируемую урожайность в 2 т/га на обоих сортах (приложения 27, 28, 29).

В 2015 году отмечено снижение количества атмосферных осадков в сравнении с 2014 и 2016 годами исследования. Однако равномерное распределение осадков позволило получить урожай выше в сравнении

с 2014 годом исследований. Урожайность сорта Веховская превысила трехлетние показатели на контроле и рекомендованной дозе минеральных удобрений, и разница составила 0,09 и 0,05 т/га соответственно, но на расчетной дозе урожайность была ниже на 0,06 т/га. Сорт Канадская также показал прибавку урожая в сравнении с трехлетними показателями, которая на контроле составила 0,05, на расчетной дозе – 0,15, а на варианте с рекомендованной дозой удобрений была ниже на 0,11 т/га. Планируемую урожайность в 2 т/га достиг сорт Веховская (приложения 27, 28, 29).

Наиболее благоприятным для роста и развития чечевицы оказался 2016 год. Сумма атмосферных осадков превышала многолетнюю норму на 92 мм. На фоне благоприятного температурного режима, выпадения обильного количества осадков и оптимального их распределения по ключевым периодам развития чечевицы был получен максимальный урожай за исследуемые годы. Урожайность сортов Веховская и Канадская в 2016 году превышала трехлетние показатели по всем вариантам, и разница составила на контроле – 0,14 и 0,15, на рекомендованной дозе – 0,13 и 0,45, на расчетной – 0,26 и 0,14 т/га соответственно. Сорт Веховская значительно превысил (на 0,43 т/га) планируемую урожайность (приложения 27, 28, 29).

Анализ данных приведенных в таблице 18 позволяет судить об изменении урожайности сортов чечевицы на различных вариантах внесения минеральных удобрений. Нами отмечено, что на протяжении трех лет исследований урожайность сорта Веховская была достоверно выше по сравнению с сортом Канадская на всех вариантах и разница составила: на контроле – 0,29-0,35, на рекомендованной ($P_{40}K_{30}$) – 0,19–0,64, на расчетной – 0,16-0,52 т/га.

Применение минеральных удобрений в разные годы по сравнению с контролем существенно повысило урожайность обоих сортов. Расчетная доза минеральных удобрений позволила получить наибольшую урожайность сортов чечевицы, прирост которой по сравнению с контролем составил: у сорта Веховская в 2014 году – 0,77, в 2015 году – 0,59, в 2016 году – 0,86 т/га;

у сорта Канадская в 2014 году – 0,56, в 2015 году – 0,75, в 2016 году – 0,64 т/га.

Таблица 18 – Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов чечевицы (т/га) по годам исследований

Сорт	Доза удобрений	Год исследования		
		2014	2015	2016
Веховская	Контроль	1,21	1,52	1,57
	P ₄₀ K ₃₀	1,80	2,03	2,11
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	1,98	2,11	2,43
Канадская	Контроль	0,92	1,17	1,27
	P ₄₀ K ₃₀	1,16	1,39	1,95
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	1,48	1,92	1,91
НСР ₀₅ =		0,18	0,18	0,25

Показатели урожайности 2014 года были ниже средних значений трех лет исследования, и разница составила: на контроле – 0,22–0,20, на рекомендованной дозе – 0,18–0,34, на расчетной дозе 0,19–0,29 т/га для сортов Веховская и Канадская соответственно. В 2015 году урожайность культуры была выше средних трехлетних данных у сорта Веховская только на контроле и рекомендованной дозе, а у сорта Канадская на контроле и расчетной дозе удобрений. Урожайность 2016 года была наивысшей в исследуемые годы и превысила средние трехлетние данные: на контроле – 0,14–0,15, на рекомендованной дозе удобрений – 0,13–0,45 т/га, на расчетной дозе удобрений – 0,26–0,14 т/га для сортов Веховская и Канадская соответственно.

Дисперсионный анализ данных, приведенных в таблице 19, показал, что в среднем по опыту урожайность сорта Веховская была достоверно выше по сравнению с сортом Канадская и разница составила 0,41 т/га. Изучаемые дозы минеральных удобрений достоверно повысили урожайность чечевицы относительно контроля: разница на рекомендованной дозе – 0,46, а на расчетной дозе – 0,68 т/га. Расчетная доза минеральных удобрений

позволила получить максимальный урожай культуры (0,22 т/га) достоверно превышающий показатели рекомендованной дозы.

Таблица 19 – Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов чечевицы (т/га) (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В			А, НСР ₀₅ = 0,08
	Контроль	Р ₄₀ К ₃₀	Н ₂₅ Р ₄₅ К ₁₈	
Веховская	1,43	1,98	2,17	1,86
Канадская	1,12	1,50	1,74	1,45
В, НСР ₀₅ = 0,10	1,28	1,74	1,96	НСР ₀₅ = 0,17

Максимальную урожайность культуры, 2,17 т/га, обеспечил сорт Веховская на фоне расчетной дозы минеральных удобрений, что достоверно выше значений всех сравниваемых вариантов. Урожайность сорта Веховская была достоверно выше Канадской на всех изучаемых вариантах, и разница составила на варианте без удобрений – 0,31, на рекомендованной дозе – 0,48, на расчетной – 0,43 т/га. Стоит отметить, что сорт Канадская не достиг планируемой урожайности в 2 т/га.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что применение минеральных удобрений достоверно повышает урожайность обоих сортов чечевицы в сравнении с контролем. Из изучаемых сортов в условиях чернозема выщелоченного наиболее продуктивным оказался сорт Веховская, продуктивность сорта Канадская достоверно ниже по всем вариантам. Внесение расчетной дозы минеральных удобрений позволило обеспечить наивысшие показатели урожайности на протяжении трех лет исследований.

5.3. Качество семян

Общепринятым является тот факт, что благоприятные условия симбиоза для клубеньковых бактерий повышают степень обеспеченности растений азотом. В своем составе семена чечевицы содержат ценнейшие

соединения, такие как токоферол (витамин E), бета-каротин (витамин A), ниацин (витамин B₃/PP), тиамин (витамин B₁), рибофлавин (витамин B₂), фолиевая кислота (витамин B₉), полиненасыщенные жирные кислоты (Омега-3 и Омега-9). Семена чечевицы отличаются большим содержанием белка, около 32 %, также содержат жиры, 2 % (Калашникова С. В., Каширина Н. А., Курчаева Е. Е., 2014; Васнева И. К., Бакуменко О. Е., 2010).

Опираясь на данные, приведенные в таблице 20, можно судить о том, что во все годы проведения исследований независимо от дозы удобрений содержание белка в семенах чечевицы сорта Канадская оказалось выше по сравнению с сортом Веховская. Так, в 2014 году на контроле разница составила 0,33, на рекомендованной дозе – 0,78, на расчетной дозе – 0,82 %; в 2015 году на контроле – 0,39, на рекомендованной дозе – 0,76, на расчетной дозе – 0,41 %; в 2016 году на контроле 0,39, на рекомендованной дозе – 0,54, на расчетной дозе – 0,41 %.

Таблица 20 – Влияние минеральных удобрений на содержание белка (%) в семенах сортов чечевицы

Сорт	Доза удобрений	Год исследования		
		2014	2015	2016
Веховская	Контроль	24,5	25,6	24,7
	P ₄₀ K ₃₀	25,1	26,3	25,5
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	25,2	26,7	25,8
Канадская	Контроль	24,8	26,0	25,1
	P ₄₀ K ₃₀	25,9	27,1	26,1
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	26,0	27,1	26,2

Нами отмечено, что содержание белка в семенах чечевицы на всех вариантах в более засушливом, 2015 году было выше по сравнению с 2014 и 2016 годами и превышение составило: на контроле – 0,90–1,17, на рекомендованной дозе – 0,81–1,20, на расчетной дозе – 0,89–1,49 %.

Дисперсионный анализ, представленный в таблице 21, показал, что в среднем по опыту содержание белка в семенах сорта Канадская оказалось на 0,53 % выше, чем у сорта Веховская, но разница не существенна, так как значение НСР₀₅ A = 0,65. В сравнении с контролем применение минеральных

удобрений достоверно повысило среднее содержание белка в семенах чечевицы – на 0,89 (доза P₄₀K₃₀) и 1,06 % (доза N₂₅P₄₅K₁₈).

Таблица 21 – Влияние минеральных удобрений на содержание белка (%) в семенах чечевицы (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В			А, НСР ₀₅ = 0,65
	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	
Веховская	24,94	25,67	25,91	25,51
Канадская	25,31	26,36	26,46	26,04
В, НСР ₀₅ = 0,85	25,13	26,02	26,19	НСР ₀₅ = 1,5

У сорта Канадская содержание белка в семенах независимо от фона питания оказалось выше, чем у сорта Веховская. Так, по сравнению с контролем содержание белка в семенах на вариантах с рекомендованной дозой было выше на 0,73–1,05 %, расчетной дозой – на 0,97–1,15 для сортов Веховская и Канадская соответственно.

Приведенные выше данные позволяют сделать вывод о повышении содержания белка в семенах чечевицы при внесении минеральных удобрений. Расчетной доза минеральных удобрений обеспечила наибольшее содержание белка в семенах чечевицы обоих сортов. При выпадении обильных осадков, особенно в период полной спелости, снижалось содержание белка в семенах чечевицы.

Анализ данных, приведенных в таблице 22, позволил нам установить, что содержание жира в семенах чечевицы сорта Веховская значительно выше по сравнению с этим показателем у сорта Канадская и разница составила 0,12 %.

Таблица 22 – Влияние минеральных удобрений на содержание жира (%) в семенах чечевицы (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В			А, НСР ₀₅ = 0,04
	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	
Веховская	0,84	0,95	0,79	0,86
Канадская	0,72	0,80	0,71	0,74
В, НСР ₀₅ = 0,05	0,78	0,88	0,75	НСР ₀₅ = 0,1

Внесение минеральных удобрений оказало значительное влияние на содержание жира в семенах сортов чечевицы. По сравнению с контролем внесение рекомендованной дозы удобрений привело к повышению содержания жира на 0,10 %, а внесение расчетной дозы незначительно снижало данный показатель, на 0,03 %. Наименьшее содержание изучаемого показателя наблюдается на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений для обоих сортов. На всех вариантах содержание жира у сорта Веховская было выше по сравнению с данным показателем сорта Канадская.

Изучив полученные данные, можно отметить, что наибольшее содержание жира в семенах чечевицы отмечено у сорта Веховская на всех вариантах. Внесение минеральных удобрений с содержанием азота снижает этот показатель в семенах обоих сортов чечевицы.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН СОРТОВ ЧЕЧЕВИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур совместно с оптимизацией применения минеральных удобрений является важнейшим фактором интенсификации производства и важнейшим условием повышения продуктивности малораспространенных культур для зоны проведения исследований, а именно является чечевицы, выращиваемой на семена.

Приведенные выше результаты исследований показали, что минеральные удобрения оказали положительное влияние на показатели плодородия почвы, качество семян и урожайность сортов чечевицы. Также сорта чечевицы в изучаемых условиях показали различные результаты урожайности. Наряду с агрономической оценкой полученных результатов необходимо проводить и экономическую, по результатам которой определяется оправданность затрат и выгода от выращивания сортов чечевицы.

Экономическая эффективность сортов чечевицы в зависимости от применения минеральных удобрений рассчитывается на основании технологических карт. Система показателей, применяемых для оценки экономической эффективности, включала в себя следующие критерии: урожайность, стоимость продукции, затраты труда на один гектар и на одну тонну, себестоимость, прибыль в расчете на один гектар и уровень реальности.

В таблице 23 приведены результаты исследований экономической эффективности применения минеральных удобрений при выращивании различных сортов чечевицы. Расчет экономической эффективности производился на основании цен 2017 года, так как в течение трех лет исследований наблюдалась высокая изменчивость спроса на чечевицу в зависимости от сорта.

Таблица 23 – Экономическая эффективность производства семян сортов чечевицы в зависимости от минеральных удобрений (среднее за 2014–2016 гг.)

Показатель	Веховская			Канадская		
	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈
Урожайность, т/га	1,43	1,98	2,17	1,12	1,50	1,74
Денежная выручка с 1 га, руб.	42900	59400	65100	22400	30000	34800
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	10,2	11,1	11,4	10,0	10,9	11,2
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	7,13	5,6	5,25	8,92	7,26	6,44
Производственные затраты на 1 га, руб.	16510	20780	22035	15890	20120	21105
Себестоимость 1 т, руб.	11545	10495	10154	14188	13413	12129
Прибыль на 1 га, руб.	26390	38620	43065	6510	9880	13695
Уровень рентабельности, %	160	186	195	41	49	65

Согласно анализу приведенных данных, мы наблюдаем повышение урожайности сортов чечевицы за счет внесения минеральных удобрений. В среднем применение рекомендованной и расчетной доз удобрений по сравнению с контролем увеличивало: денежную выручку на 38–34 % у сорта Веховская и 33–55 % у сорта Канадская, затраты труда на 1 га – на 8–11 и 9–12 %, производственные затраты – на 26–33 и 27–33%, прибыль на 1 га – на 46–63 и 52–110 %. Благодаря полученной прибавке урожая снижались затраты труда на 1 т урожая на 1,53–1,88 и 1,66–2,48 чел.-ч. и себестоимость 1 т урожая – на 1050–1391 и 775–2059 руб. соответственно. Также необходимо отметить, что уровень рентабельности по сравнению с контролем у сорта Веховская был выше на 26–35, а у сорта Канадская 8–24 % для рекомендованной и расчетной доз удобрений соответственно.

Сравнивая между собой уровень рентабельности производства сортов чечевицы, наблюдаем значительное различие. Так, уровень рентабельности у сорта Веховская по сравнению с сортом Канадская был значительно выше, и

разница в среднем составила: на контроле – 119, на рекомендованной дозе – 137, на расчетной дозе – 130 %. Из этого следует, что сорт Веховская при выращивании в условиях Ставропольской возвышенности способен обеспечить большую рентабельность на всех фонах питания.

Максимальную рентабельность для обоих сортов (Веховская – 195, Канадская – 65 %) обеспечило внесение расчетной дозы минеральных удобрений, которая по сравнению с рекомендованной позволила увеличить данный показатель на 9 и 16 % для сортов Веховская и Канадская соответственно.

Исходя из приведенных выше данных нами сделан вывод, что применение минеральных удобрений существенно повышает прибыль, а следовательно, и рентабельность выращиваемых сортов чечевицы. Максимальный экономический эффект от их выращивания обеспечила расчетная доза минеральных удобрений. При анализе всех вариантов исследования наиболее экономически эффективным и оправданным является выращивание чечевицы сорта Веховская с внесением расчетной дозы минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Удобрения и сорта чечевицы не оказали существенного влияния на динамику показателей реакции почвенного раствора чернозема выщелоченного. Подкисление почвенного раствора в первую очередь определялось периодичностью питания растений чечевицы: установлено устойчивое подкисление реакции почвенного раствора на всех фонах питания в слоях почвы 0–10 и 10–20 см только до фазы ветвления, а в слое почвы 20–30 см наблюдалось плавное снижение реакции почвенного раствора на протяжении всей вегетации культуры, и разница с исходными показателями составила на удобренных вариантах – 0,19–0,3 ед.

Дифференциация содержания NH_4 между слоями почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см и достоверное его снижение на протяжении вегетации оказало влияние на урожайность сортов чечевицы, что подтверждается результатами корреляционно-регрессионного анализа и установлением определенной зависимости от послойного содержания NH_4 в разные фазы развития культуры. Достоверного влияния на содержание аммонийной формы азота в 0–30 см слое чернозема выщелоченного сорта и минеральные удобрения не оказали.

Внесение минеральных удобрений в среднем по опыту существенно увеличивало содержание нитратного азота в 0–30 см слое почвы, и разница по сравнению с контролем составила 1,3–3,4 мг/кг почвы. Направленность динамики NO_3 в течение вегетации чечевицы имела единый ход и определялась фазой развития культуры, глубиной изучаемого слоя почвы и условиями увлажнения. Установлена высокая зависимость урожайности культуры от содержания нитратного азота в 0–30 см слое почвы в фазу ветвления и в 10–20 см слое почвы в фазу цветения.

Минеральные удобрения, не изменяя направленности динамики содержания доступных фосфатов и обменного калия в изучаемых слоях чернозема выщелоченного, достоверно увеличивали среднее содержание

подвижного фосфора по сравнению с контролем – на 1,2–1,4 мг/кг. Рекомендованная доза минеральных удобрений обеспечила достоверное увеличение содержания обменного калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного относительно всех фонов питания. Существенное влияние на урожай чечевицы оказывало содержание элемента в слое почвы 10–20 см в фазы всходов, ветвления и цветения, а также в 0–10 см слое почвы в фазу полной спелости.

Согласно результатам корреляционно-регрессионного анализа густота стояния растений в фазы цветения и полной спелости оказывала определяющее влияние на урожайность сортов чечевицы. К концу вегетации у сорта Канадская произошло существенное снижение густоты, что и привело впоследствии к снижению урожайности по сравнению с сортом Веховская. Относительно контроля в среднем по опыту применение минеральных удобрений обеспечило достоверную прибавку густоты стояния (7–9 шт/м²) и сухой биомассы растений (0,6–0,77 т/га).

Динамика содержания элементов питания в растениях чечевицы имела единый ход: это неуклонное снижение их концентрации с достижением минимальных величин к концу вегетации. Удобрения способствовали существенному увеличению концентрации азота, фосфора и калия в растениях. В среднем по опыту прибавка содержания питательных элементов в растениях по сравнению с контролем составила: азот – 0,17–0,35, фосфор – 0,04–0,05, калий – 0,15–0,09 %.

Удобрения увеличивали по сравнению с контролем: количество растений на единицу площади – на 3,8–7,6 %, высоту растений на 1–3 см, количество бобов на одном растении – на 0,76–1,82 %, массу 1000 зерен – на 2,00–4,23 г. Максимальные показатели элементов структуры урожая формировались на варианте с применением нормы N₂₅P₄₅K₁₈. Погодные условия оказали существенное влияние на урожайность и качество семян чечевицы, и в оптимальном по увлажнению 2016 году была получена максимальная урожайность культуры. Установлено, что урожайность сорта

Веховская была достоверно выше по сравнению с сортом Канадская во все годы на всех фонах питания и разница в среднем по опыту составила 0,41 т/га. Максимальную урожайность изучаемых сортов обеспечила расчетная доза минеральных удобрений соответственно 2,17 и 1,74 т/га.

Минеральные удобрения существенно повысили содержание белка в семенах чечевицы по сравнению с контролем, и разница в среднем по опыту составила 0,89 и 1,06 % для рекомендованной и расчетной доз соответственно. На протяжении трех лет исследований содержание белка в семенах сорта Канадская было выше по сравнению с сортом Веховская на 0,37–0,69 %. Внесение рекомендованной дозы минеральных удобрений повышало содержание жира в семенах чечевицы у обоих сортов в среднем на 0,10 %. Содержание жира в семенах сорта Веховская выше по сравнению с этим показателем у сорта Канадская в среднем на 0,12 %.

С экономической точки зрения сорт чечевицы Веховская оказался наиболее выгодным для выращивания в условиях Ставропольской возвышенности. Внесение расчетной дозы минеральных удобрений в зависимости от сорта позволило получить прибыль с 1 га 43065–13695 руб., что выше контроля на 16675 и 7185 руб., а уровень рентабельности превосходил контроль – на 35 и 24 % для сортов Веховская и Канадская соответственно.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При выращивании чечевицы на чернозёме выщелоченном после предшественника озимая пшеница для достижения урожайности семян 1,74–2,14 т/га и максимального экономического эффекта производству рекомендуется расчётный метод определения норм минеральных удобрений по методике кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ.

В условиях Центрального Предкавказья на черноземе выщелоченном оптимальной дозой минеральных удобрений для сорта Веховская является $N_{25}P_{45}K_{18}$, как обеспечивающая планируемый уровень урожайности (2 т/га) и максимальные показатели экономической эффективности производства семян.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов, А. С. Энергосберегающие технологии обработки почвы под чечевицу в Правобережье / А. С. Абросимов, Е. П. Денисов, А. П. Солодовников // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 38–40.
2. Агафонов, Е. В. Эффективность азотных удобрений на горохе / Е. В. Агафонов, С. Н. Воронин, Л. Н. Агафонов // Удобрения в системе интенсивного земледелия Ростовской области: сборник научных трудов. – 1992. – С. 13–19.
3. Агафонов, Е. В. Удобрение сои на черноземе обыкновенном в условиях орошения / Е. В. Агафонов, Л. Н. Агафонова, С. А. Гужвин // Агрохимия. – 2004. – № 6. – С. 42–50.
4. Агафонов, Е. В. Применение минеральных и бактериальных удобрений под сою / Е. В. Агафонов, Л. Н. Агафонова, С. А. Гужвин // Агрохимический вестник. – 2005. – №5. – С. 18–19.
5. Агафонов, Е. В. Применение минеральных и бактериальных удобрений под нут на черноземе обыкновенном в Ростовской области / Е. В. Агафонов, Е. И. Пугачев, К. И. Пимонов // Агрохимия. – 2008. – №7. – С. 22–30.
6. Агафонов, Е. В. Удобрение нута: Монография // Е. В. Агафонов, Е. А. Пугач, К. И. Пимонов. – Ростов-На-Дону: ДонГАУ, 2009. – 183 с.
7. Агафонов, Е. В. Повышение урожайности и сбора белка при возделывании нута в Ростовской области / Е. В. Агафонов, К. И. Пимонов, Е. И. Пугачев // Кормопроизводство. – 2010. – № 6. – С. 25–28.
8. Агафонов, Е. В. Оптимальные уровни содержания NPK в растениях сои на фоне применения минеральных и бактериальных удобрений / Е. В. Агафонов, С. А. Гужвин // Вестник Донского государственного аграрного университета – 2011. – № 1. – С. 62–70.
9. Агафонов, Е. В. Мониторинг и оценка обеспеченности цинком карбонатных черноземов и каштановых почв Северного-Кавказа /

Е. В. Агафонов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – №4. С. 3–7.

10. Агафонов, Е. В. Эффективность индюшиного помета в звене полевого севооборота на черноземе обыкновенном / Е. В. Агафонов, Р. А. Каменев, Н. С. Скуратов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №84. – С. 462–471.

11. Агафонов, Е. В. Использование куриного помета для увеличения продуктивности полевого севооборота / Е. В. Агафонов, Р. А. Каменев, А. А. Булыгин // Плодородие. – 2015. – №4. – С. 17–19.

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

13. Агеев, В. В. Система удобрения в севооборотах Юга России // В. В. Агеев, В. И. Демкин. – Ставрополь : ЦНТИ, 1992. – С. 59.

14. Агеев, В. В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на Юге России: уч. пособие / В. В. Агеев, А. П. Чернов, А. П. Куйдан и др. – Ставрополь : ГСХА, 1999. – 113 с.

15. Агеев, В. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур // В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, О. Ю. Лобанкова, В. И. Радченко, Л. С. Горбатко, С. А. Коростылёв, Ставрополь: СтГАУ, 2008. – 168 с.

16. Агеев, В. В. Системы удобрений в севооборотах Юга России: учеб. пособ. / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. – Ставрополь : СГСХА, 2001. – 352 с.

17. Агеев, В. В., Подколзин, А. И. Агрохимия (Южно-Российский аспект) : Учебник для студентов вузов, – Т.1 / В. В. Агеева. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2005. – С. 488.

18. Агеев, В. В. Агрохимия (Южно-Российский аспект). Том 2 / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. – Ставрополь : Ставропольский ГАУ, 2006. –

480 с., 14 ил.

19. Айсанов, Т. С. Влияние доз и способов внесения азотных удобрений в ранневесеннюю подкормку на урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, А. Ф. Донцов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 77-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф». – 2013. – С. 3–4.

20. Айсанов, Т. С. Динамика параметров рН чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности и урожайность озимой пшеницы в длительном стационаре / Т. С. Айсанов, А. И. Подколзин // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 1(17). – С. 181–184.

21. Агроклиматические ресурсы Ставропольского края. – Л.: Гидрометиздат, 1971. – 238 с.

22. Антонова, Т. Н. Мониторинг состояния органического вещества в черноземах методом гумусового баланса / Т. Н. Антонова // Эволюция и деградация почвенного покрова: материалы III Международной научно-практ. конф. – Ставрополь, 2007. – С. 67–71.

23. Артемьев, Е. Г. Роль азотфиксации в формировании гороха в условиях северной лесостепи Тюменской области / Е. Г. Артемьев, Д. И. Еремин // Вестник Красноярского ГАУ. – 2009. – № 3. – С. 60–66.

24. Бадахова, Г. Х. Ставропольский край : современные климатические условия : монография / Г. Х. Бадахова, А. В. Кнутас. – Ставрополь : ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 272 с.

25. Баланс подвижных форм фосфора на фоне применения систем удобрений на черноземе выщелоченном Центрального Предкавказья / Л. С. Горбатко, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида и др. // Эволюция и деградация почвенного покрова: материалы IV Международной науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2015. – С. 214–218.

26. Барулина Е. И. Полевые культуры Джавахети / Е. И. Барулина, Труды по прикл. бот. ген. и селекц. – 1926. – Т. 16. – Вып.3. – С.13-49.
27. Барулина, Е. И. Чечевица СССР и других стран / Е. И. Барулина. – Л., 1930. – 319 с.
28. Бельчикова, Н. П. Органическое вещество почв различной степени окультуренности // Агрохимия. – 1965. – № 2. – С. 98–109.
29. Бер, А. Ю. Чечевица: типы, пищевая ценность, производство / А. Ю. Бер, Е. Н. Молчанова // Прогрессивные технологии в индустрии питания. Дискуссия – круглый стол «Современные технологии совершенствования рациона населения, обеспечения качества пищи и длительного хранения продукции общественного питания». – М. – 2016. – С. 22–23.
30. Богуславская, Н. В. Система экологического тестирования агроценоза озимой пшеницы [оценка последствий применения средств химизации (пестициды, минеральные удобрения)] / Н. В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – Москва : Изд-во «Государственное научное учреждение Центральная научная сельскохозяйственная библиотека РАСХН», 2007. – № 3. – С. 763.
31. Бубнов, П. С. Отношение зернобобовых культур к теплу и свету / П. С. Бубнов // Тр. Белорусской сельскохозяйственной академии. – Горки : БССР, 1952. – С. 32–38.
32. Бугай, И. С. Нетрадиционные компоненты комбикормов / И. С. Бугай, С. И. Кононенко // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 49 № 1-2. – С. 137–139.
33. Бугаев, Г. И. Сравнительная характеристика сортов чечевицы, возделываемых в приазовской зоне Ростовской области / Г. И. Бугаев, К. И. Пимонов // Инновации в науке, образовании и бизнесе - основа эффективного развития АПК. – 2011. – С.249-251.
34. Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблемы растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 256 с.

35. Васин, В. Г. Продуктивность зернобобовых культур в среднем Поволжье при обработке их биостимуляторами / В. Г. Васин, А. В. Васин, В. В. Ракитина, Е. И. Макарова, О. В. Вершинина, Р. Саниев // Кормопроизводство. – 2017. – № 9. – С.44–48.

36. Васнева, И. К. Чечевица – сырье для производства продуктов антистрессовой направленности / И. К. Васнева, О. Е. Бакуменко // Пищевая промышленность. – 2010. – № 8. – С. 20–22.

37. Ваулин, А. Ю. Влияние минеральных и бактериальных удобрений на зерновую продуктивность чечевицы в условиях лесостепи Челябинской области / А. Ю. Ваулин // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 49–56.

38. Влияние азотных подкормок различными формами удобрений на урожайность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной и др. // Аграрная наука, творчество, рост : материалы III Международной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф», 2013. – С. 5–8.

39. Влияние биопрепаратов на продуктивность, симбиотический потенциал и экономическую эффективность возделывания чечевицы / И. М. Ханиева, Т. М. Чапаев, А. Л. Бозиев, К. Р. Канукова // Научная жизнь. – 2017. – № 2. – С.27–33.

40. Влияние длительного применения систем удобрений на показатель рН чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, Т. С. Айсанов, А. Ю. Фурсова, М. Ю. Кузьменко // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 76-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф», 2012. – С. 40–42.

41. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на урожайность сортов чечевицы в условиях Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко,

М. С. Сигида, С. А. Коростылев и др. / Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России : Омск, 2018. – С. 49–52.

42. Влияние длительного внесения удобрений на плодородие чернозема выщелоченного / А. Г. Солдатенко, М. Х. Ширинян, В. К. Бугаевский и др. // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе : материалы семинара. 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – пос. Персиановский, 2004. – С. 136–143.

43. Водный режим чернозема южного при энергосберегающих обработках почвы / А. П. Солодовников, Г. И. Шестеркин, А. С. Линьков, А. С. Даренков // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 4. – С. 33–36.

44. Волынкин, В. И. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели выщелоченного чернозема и продуктивность культур / В. И. Волынкин, А. П. Копылов, О. В. Волынкина // Аграрный вестник Урала. – № 7. – 2014. – С. 15–21.

45. Воронкова, Н. А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Воронкова, Н. Ф. Балабанова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 30–32.

46. Гаврилов, А. А. Фитосанитарная диагностика болезней растений: учебное пособие. / А. А. Гаврилов, А. П. Шутко, А. Г. Марюхина. – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – 76 с.

47. Галда, Д. Е. Влияние минеральных удобрений на продуктивность тарелочной чечевицы в условиях Ставропольского края / Д. Е. Галда // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : 78-я научно-практическая конференция. – Ставрополь : Параграф, 2014. – С. 47-49.

48. Галда, Д. Е. Отзывчивость чечевицы на различные дозы удобрений в условиях Ставропольского края / Д. Е. Галда // Современные

ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : 80-я научно-практическая конференция, приуроченная к 85-летию юбилею Бобрышева Федора Ивановича и заслуженному деятелю науки РФ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, участнику Великой Отечественной войны Куренному Николаю Митрофановичу. – Ставрополь : Параграф, 2015. – С. 13–17.

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

50. Галеева, Л. П. Нитратный режим черноземов выщелоченных при разных способах внесения удобрений / Л. П. Галеева // Агрехимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 43–45.

51. Гамзиков, Г. П. Агрехимия азота в агроценозах : моногр. / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск : НГАУ, 2013. – 790 с.

52. Гарипова, С. Р. Изучение бактериальных ассоциаций эндофитов клубеньков, способствующих увеличению продуктивности бобовых растений / С. Р. Гарипова // Агрехимия. – 2010. – № 11. – С. 50–58.

53. Глазова, З. И. Перспектива применения листовых подкормок при выращивании чечевицы / З. И. Глазова // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 24–26.

54. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрехимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 25–27.

55. Горпинченко, Т. Чечевица – перспективная культура / Т. Горпинченко // Хлебопродукты. – 2006. – № 4. – С. 58–59

56. Гришина, Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 242 с.

57. Гулякин, И. В. Система применения удобрений. М. : Колос, 1997. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – 207 с.

58. Данилов, А. Н. Агрохимическая оценка применения удобрений при возделывании усатых форм гороха / А. Н. Данилов, А. В. Летучий, К. И. Пимонов // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 11. – С.6–9.

59. Демьянова, Н. И. Применение регуляторов роста для предпосевной обработки семян чечевицы / Н. И. Демьянова, Е. И. Демьянова, Л. В. Елисеева // Студенческая наука – первый шаг в академическую науку материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10–11 классов. – Чебоксары – 2017. – С.97–99.

60. Джанаев, З. Г. Агрохимия и биология почв Юга России : монография / З. Г. Джанаев ; под редакцией академика РАСХН В. Г. Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 2008. – 528 с.

61. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва : Колос, 1985. – 416 с.

62. Дмитриева, Е. А. Морфологические особенности растений чечевицы обыкновенной у разных по продуктивности сортов / Е. А. Дмитриева, В. И. Ульянова, С. О. Алешин, С. А. Федулова, А. В. Амелин // Актуальность идей В. Н. Хитрово в исследовании биоразнообразия России. – Орел, 2014. – С. 214–220.

63. Евтушенко, Е. В. Экологическая пластичность чины посевной в приазовской зоне Ростовской области / Е. В. Евтушенко, К. И. Пимонов, В. Г. Тарасов // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – пос.Персиановский – 2017. – С. 94–97.

64. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур : дис. д-ра с.-х. наук / Есаулко Александр Николаевич. – Ставрополь, 2006. – 515 с.

65. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного в агроландшафтах Ставропольской возвышенности / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина // Земельные ресурсы : состояние и перспективы использования : сб. науч. тр. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 80–84.

66. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севообороте – как способ повышения экономической эффективности применения удобрений / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина // Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения : сборник научных трудов. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2008. – С. 32–34.

67. Есаулко, А. Н. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края / А. Н. Есаулко, Д. Е. Галда // Плодородие – 2016. – № 6(93). – С. 21–23.

68. Есаулко, А. Н. Оптимизация минерального питания сортов чечевицы в условиях Ставропольской возвышенности / А. Н. Есаулко, Д. Е. Галда // Агрохимический вестник. – 2018. – Т. 4. – № 4 – С. 32–36.

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

70. Засоренность посевов чечевицы на фоне минимализации обработки почвы и применения гербицида в Поволжье / А. П. Солодовников, А. М. Косачев, Д. С. Степанов, М. А. Даулетов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 6. – С. 32–34.

71. Земледелие / Г. И. Баздырев, В. Г. Лошаков, А. И. Пупонин и др. – М. : Колос, 2000. – 199 с.

72. Иконникова, А. В. Результаты изучения селекционных линий чечевицы / А. В. Иконникова, Г. Н. Суворова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4(12). – С. 66–69.

73. Изменение плодородия чернозема выщелоченного при использовании природных цеолитов и удобрений / А. И. Алексеев, Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3(23). – С. 4–10.

74. Интенсивность ростовых процессов на ранних этапах онтогенеза у контрастных по продуктивности образцов чечевицы / И. В. Кондыков, А. А. Янова, Н. А. Бутримова и др. // Научное обеспечение развития земледелия и растениеводства. – 2012. – № 1. – С. 38–42.

75. Калашникова, С. В. Изучение качества чечевицы / С. В. Калашникова, В. В. Сторожик // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 4. – С. 37–38.

76. Калашникова, С. В. Возделывание чечевицы в Воронежской области / С. В. Калашникова, Н. А. Каширина, Е. Е. Курчаева // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2014. – № 2. – С. 29–34.

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

78. Канукова, К. Р. Симбиотическая деятельность семян чечевицы в зависимости от условий произрастания / К.Р. Канукова // Инновационные направления и разработки для эффективного сельскохозяйственного производства : материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти члена-корреспондента РАН В. И. Левахина: в 2 частях. – Оренбург, 2016. – С. 287–291.

79. Каргин, И. Ф. Продуктивность чечевицы в зависимости от технологии возделывания / И. Ф. Каргин, С. Л. Букин, Н. А. Перов // Защита и карантин растений. – 2007. – № 2. – С. 33.

80. Каштанов, А. Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии: теоретические и методологические аспекты / А. Н. Каштанов, А. М. Лыков // Вестник с.-х. науки. – 1983. – № 12. – С. 21–25.

81. Кныш, Н. П. Материалы по биологии обыкновенной чечевицы в Северо-Восточной Украине / Н. П. Кныш // Беркут. – 2014. – Т. 23. – № 2. – С. 79-87.

82. Кононенко, С. И. Способ улучшения конверсии корма / С. И. Кононенко // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 49. – № 1-2. – 216 с.

83. Кононенко, С. И. Пути повышения протеиновой питательности комбикормов / С. И. Кононенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 81. – С. 520–545.

84. Кононенко, С. И. Нетрадиционные зерновые компоненты в рационах свиней / С. И. Кононенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 79. – С. 402–414.

85. Кононенко, С. И. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях предгорной зоны КБР / С. И. Кононенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 94. – С. 622–631.

86. Кормакова, И. Ю. Чечевица / И. Ю. Кормакова, // Зерн. культуры. – 1998. – № 4. – С.11–12.

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

88. Коростылев, С. А. Влияние систем удобрений на реакцию почвенного раствора в пахотном слое чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности / С. А. Коростылев, В. А. Новозов // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа : материалы 73-й научно-практической конференции. –

Ставрополь : Издательско-полиграфический центр «Параграф», 2009. – С. 83–85.

89. Крылов, А. В. Агротехника зернобобовых / А. В. Крылов, П. Ф. Львова, К. Т. Исаенко. – Воронеж, 1941. – 94 с.

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

91. Кузнецов, И. С. Влияние сроков посева на продуктивность и качество семян чечевицы / И. С. Кузнецов // Зерновое хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 50–51.

92. Кузнецов, И. С. Влияние сроков посева на урожайность чечевицы / И. С. Кузнецов // Агро XXI. – 2008. – № 7-9. – С. 30–32.

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

94. Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – 423 с.

95. Кучер, Л. И. Резервы калия в черноземных почвах / Л.И. Кучер // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 33. – № 1. – С. 3–8.

96. Лавренко, С. О. Урожайность зерна и эффективность использования влаги растениями чечевицы в зависимости от сроков посева в условиях юга Украины / С. О. Лавренко, А. Н. Гридякина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – № 56-2. – С. 31-36.

97. Лавренко, С. О. Эффективность использования элементов питания из почвы растениями чечевицы в различных условиях увлажнения / С. О. Лавренко, Н. Н. Лавренко, М. В. Максимов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С.147–152.

98. Лавриненко, Г. Т. Значение зернобобовых культур в увеличении производства растительного белка / Г. Т. Лавриненко // Технология производства зернобобовых культур. – М. : Колос, -1977. – С. 3–12.

99. Леонтьев, В.М. Чечевица / В. М. Леонтьев. – М. : Сельхозгиз, 1954. – 170 с.

100. Леонтьев, В. М. Чечевица / В. М. Леонтьев. – М. : Сельхозиздат, 1960. – 182 с.

101. Леонтьев, В. М. Чечевица / В.М. Леонтьев. – Л. : Колос, 1966. – 178 с.

102. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы / В. Г. Лошаков. – М. : Изд. СНИИА, 2012. – 512 с.

103. Масынов, К. М. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях северного Казахстана / К. М. Мусынов, А. А. Кипшакбаева, Б. К. Аринов и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 9(155). – С. 14–18.

104. Маракаева, Т. В. Чечевица – перспективная зернобобовая культура / Т. В. Маракаева, Т. В. Горбачева, А. В. Зинич // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья : материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ. – Омск, 2017. – С. 158–161.

105. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – М. : Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.

106. Минакова, О.А. Изменение плодородия выщелоченного чернозема и продуктивности культур в зерносвекловичном севообороте центрально-черноземного региона при длительном применении удобрений / О. А. Минакова, Л. В. Александрова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 3. – С. 36-38.

107. Минакова, О. А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧЗ /

О. А. Минакова, Л. В. Тамбовцева, А. И. Громовик // *Агрохимия*. – М. : Изд-во «Наука», 2011. – № 5. – С. 18–25.

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

109. Никитишен, В. И. К методике исследований агрохимии азота / В. И. Никитишен // *Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями : мат-лы Всерос. науч.-метод. конф. географической сети опытов с удобрениями*. – М. : ВНИИА, 2006. – С. 12–16.

110. Новый сорт чечевицы Восточная / Г. Н. Суворова, Н. О. Костикова, А. В. Иконников и др. // *Земледелие*. – 2014. – № 4. – С. 19–20.

111. Новый сорт чечевицы Орловская краснозерная / А. М. Задорин, В. Н. Уваров, П. Н. Ятчук, А. К. Булгакова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – № 4(16). – С. 47–49.

112. Огородцева, Ю. С. Коллекция чечевицы как источник исходного материала для ее селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Ю. С. Огородцева, Е. Н. Океанова // *Сборник материалов XXIII научно-технической студенческой конференции*. – Омск, 2017. – С. 79–82.

113. Особенности питания и удобрение сельскохозяйственных культур на Юге России : учебное пособие для студентов вузов агрономических специальностей / В. В. Агеев, А.П. Чернов, А. П. Куйдан, и др. ; под ред. проф. В. В. Агеева. – Ставроп. ГСХА, 1999. –113 с.

114. Панкин, И. А. Исследование физических и технологических свойств семян зернобобовых культур / И. А. Панкин, Л. М. Борисова, Е. С. Белокурова // *Зерновое хозяйство России*. – 2015. – № 2. – С. 34–37.

115. Петкова, Д. Влияние удобрений и норм высева семян на урожай чечевицы / Д. Петкова // *РЖ*. – 1999. – № 3. – С. 6.

116. Пимонов, К. И. Продуктивность и качество чины посевной, возделываемой в условиях Ростовской области / К. И. Пимонов,

Е. В. Евтушенко // Перспективное свиноводство: теория и практика. – 2012. – №4. – С. 8.

117. Пимонов, К. И. Удобрение чины посевной на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения / К. И. Пимонов, А. Ф. Шелудяков, Н.В. Лопаева // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 2. – С. 65-73.

118. Пимонов, К. И. Продуктивность и качество чины посевной, возделываемой в условиях Ростовской области / К. И. Пимонов, Е. В. Евтушенко // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2012. – №3. - С.40-45.

119. Пимонов, К. И. Повышение продуктивности зерна нута и чины посевной за счёт применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов на чернозёме обыкновенном Ростовской области / К. И. Пимонов, А. Ф. Шелудяков // Научно обоснованные системы земледелия: теория и практика : материалы научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова. – Ставрополь, 2013. – С. 173–176.

120. Пимонов, К. И. Современное состояние производства зернобобовых культур в Ростовской области / К. И. Пимонов, Д. Ф. Ионов // Вестник донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 17. – С. 46-52.

121. Пимонов, К. И. Проблемы увеличения посевов нута в хозяйствах Ростовской области / К. И. Пимонов, Е. Н. Михайличенко, А. М. Трегубов // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – пос. Персиановский, 2017. – С. 130–134.

122. Пимонов, К. И. Продуктивность нута, возделываемого после озимой пшеницы в приазовской зоне Ростовской области / К. И. Пимонов, Д. Ф. Ионов // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – пос. Персиановский, 2017. – С. 122–125.

123. Плодородие чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / В. И. Кураков, О. А. Минакова, В. В. Ситникова, Л. В. Александрова // Плодородие. – 2006. – № 1. – С. 8–9.

124. Подколзин, А. И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии Юга России / А. И. Подколзин. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 182 с.

125. Подколзин, А. И. Результаты и проблемы агрохимических научных исследований в Ставропольском крае / А. И. Подколзин // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – пос. Персиановский, 2004. – С. 109–120.

126. Подколзин, А. И. Влияние длительного применения минеральных удобрений в стационарном опыте на кислотно-основные свойства чернозема выщелоченного / А. И. Подколзин, С. А. Коростылев, Т. С. Айсанов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 76-й научно-практической конференции. Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф», 2012. – С. 68–70.

127. Подшивалов, Ф. А. Прогрессивная технология возделывания чечевицы / Ф. А. Подшивалов. – М., 1975. – 218 с.

128. Подшивалов, Ф. А. Традиционная культура Поволжья / Ф. А. Подшивалов, Л. С. Лукин // Зерн. хоз-во. – 1976. – № 10 – С.15–16

129. Помогаева, А. И. Методика и техника селекции чечевицы / А. И. Помогаева // Методы исследований с зернобобовыми культурами. – Орел : ВНИИЗБК, 1971 (1972). – Т. 2. – С. 174–183.

130. Посыпанов, Г. С. Антогонизм и синергизм симбиотического и минерального азота в питании бобовых / Г. С. Посыпанов // Технология производства зернобобовых культур. – М. : Колос, 1977 – С. 82–91.

131. Посыпанов, Г. С. Белковая продуктивность бобовых культур при симбиотическом и автотрофном типах питания азотом : автореф. дис. д-ра биол. наук / Посыпанов Георгий Сергеевич. – Л., 1983. – 35 с.

132. Посыпанов, Г. С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий / Г. С. Посыпанов // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М. : Наука, 1985. – С. 75–84.

133. Посыпанов, Г. С. Обоснование параметров оптимальной обеспеченности гороха и сои водой, фосфором, бором и молибденом для активной симбиотической азотфиксации / Г. С. Посыпанов, М. В. Кашукаев, Б. Х. Жерезков // Известия ТСХА, вып. 2. – 1994 – С. 33–42.

134. Посыпанов, Г. С. Факторы, определяющие эффективность азотфиксации бобовыми культурами / Г. С. Посыпанов // Биологический азот в сельском хозяйстве СССР. – М. : Наука, 1989 – С. 37–39.

135. Посыпанов, Г. С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков и др. ; под ред. Г. С. Посыпанова. – М. : КолосС, 2007. – 612 с.

136. Прокошев, В. В. Калий и калийные удобрения / В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 128 с.

137. Пугач, Е. И. Опыт применения минеральных удобрений и микробиологических препаратов под чечевицу в Ростовской области / Е. И. Пугач, Н. Иванищева, А. Маньшина // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Международной научно-практической конференции. – пос. Персиановский, 2015. – С. 91–95.

138. Пылов, А. П. Технология возделывания зернобобовых культур и сои / А. П. Пылов. – М., 1977. – 60 с.

139. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков и др. – М. : Колос, 1997 – 612 с.

140. Растениеводство / В. А. Федотов, С. В. Кадыров, Д. И. Щедрина, О.В. Столяров. – СПб. : Лань, 2015. – 336 с.

141. Растениеводство: лабораторно-практические занятия. Том 1. Зерновые культуры : учебное пособие / А. К. Фурсова, Д. И. Фурсов, В. Н. Наумкин, Н. Д. Никулина ; под ред. А. К. Фурсовой. – СПб. : Лань, 2013. – 432с.

142. Самаров, В. М. Чечевица – ценная зернобобовая культура : монография / В. М. Самаров, А. И. Тарасенко. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2012. – 93 с.

143. Самаров, В. М. Чечевица в Самарской области / В. М. Самаров, А. И. Тарасенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2(76). – С. 23–25.

144. Самаров, В. М. Зернобобовые культуры в системе земледелия / В. М. Самаров, А. И. Тарасенко // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2012. – № 14. – С. 160–162.

145. Самаров, В. М. Чечевица – новая зернобобовая культура / В. М. Самаров, О. В. Анохина // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2013. – № 15. – С. 142–144.

146. Самаров, В. М. Расширять посевы смешанных зернофуражных культур в Кузбассе / В. М. Самаров // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2014. – № 15. – С. 142–144.

147. Самаров, В.М. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность чечевицы в степной зоне Кузбасса / В. М. Самаров, Е. В. Ганзеловский // Вестник КрасГАУ. – № 6. – 2015. – С. 193–195.

148. Самаров, В. М. Нормы высева и срок посева чечевицы в Кузнецкой котловине / В. М. Самаров, Е. В. Ганзеловский // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-сибирское отделение. – №17. – 2015. – С. 104–106.

149. Сигида, М. С. Влияние систем удобрений на продуктивность звена зернопропашного севооборота на выщелоченном чернозёме : автореф.

дис. ... канд. с.-х. наук / Сигида Максим Сергеевич. – Ставрополь, 2008. – 23 с.

150. Скотникова, Е. А. Морфобиологические особенности чечевицы в связи с селекцией на высокую семенную продуктивность : дис. ... канд. с.-х. наук / Скотникова Е. А. – Орел, 2005. – 148 с.

151. Сорокин, С. И. Агробиологическое обоснование сроков сева чечевицы / С. И. Сорокин // Земледелие. – 2006. – № 2. – 29 с.

152. Сорокин, С. И. Чечевица - ценная продовольственная и кормовая культура / С. И. Сорокин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 3. – С. 19–21.

153. Сорокин, С. И. О семеноводстве чечевицы / С. И. Сорокин // Селекция и семеноводство. – 2008. – № 3-4. – С. 38–39.

154. Сычев, В. Г. Интенсификация продукционного процесса растений. Приемы управления / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов, А. Ф. Харитонова, В. П. Толстоусов, Н. К. Ефимова, Н. Н. Бушуев. - М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.

155. Удобрение в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Артюшин, И. П. Дерюгин, А. Н. Кулюкин, Б. А. Ягодин ; Под ред. И. П. Дерюгина. – М. : Агропромиздат, 1991. – 233 с.

156. Урожайность культур звена севооборота в зависимости от систем удобрений в стационарном многолетнем опыте СтГАУ на черноземе выщелоченном / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида и др. // Аграрная наука, творчество, рост. Секция факультетов агрономического и защиты растений «Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК» : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. (г. Ставрополь, Ставропольский ГАУ, 8-14 февраля 2013 года). – Ставрополь : Параграф, 2013. – С. 251–253.

157. Федотов, С. В. Чечевица и горох в южной лесостепи ЦЧР / С. В. Федотов // Соя и другие бобовые культуры Центрального Черноземья. – 2001. – С. 244–248.

158. Фиксен, П. И. Концепция повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и эффективности использования растениями элементов питания / П. И. Фиксен // Питание растений. – 2010. – № 1. – С. 2–7.

159. Филатов, В. И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В. И. Филатов, Г. И. Баздырев, М. Г. Обьедков и др. ; под. ред. В. И. Филатова. – М. : Колос, 1999. – 318с.

160. Хамицаева, А. С. Проращенная чечевица и ее использование / А. С. Хамицаева // Аграрный научный журнал. – 2010. – № 6. – С. 14–15.

161. Ханиева, И. М. Симбиотическая деятельность посевов чечевицы на выщелоченных черноземах предгорной зоны КБР / И. М. Ханиева, Т. М. Чапаев, К. Р. Канукова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-6. – С. 1197–1202.

162. Ханиева, И. М. Особенности технологии выращивания чечевицы в условиях предгорной зоны КБР / И. М. Ханиева, К. Р. Канукова, М. М. Мамбетов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – № 3. – С. 78–80.

163. Ханиева, И. М. Симбиотическая деятельность посевов чечевицы на выщелоченных черноземах предгорной зоны КБР / И. М. Ханиева, К. Р. Канукова // Перспективные инновационные проекты молодых ученых : материалы IV республиканской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2014. – С. 53–58.

164. Ханиева, И. М. Подбор перспективных высокоурожайных сортов для получения высоких и стабильных урожаев чечевицы на выщелоченных черноземах предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики / И. М. Ханиева, А. Л. Бозиев, К. Р. Канукова // Modern european science – 2014 :

Materials of the XI International scientific and practical conference. – 2014. – С. 57–58.

165. Храпач, А. В. Многолетняя динамика гумусового баланса в земледелии Ставропольского края / А. В. Храпач, С. В. Натальченко // Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения : сборник научных трудов / Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС. – 2008. – С. 45–48.

166. Царева, Л. Е. Технология производства продукции растениеводства в условиях Алтайского края : учебное пособие / Л. Е. Царева // Барнаул : Изд-во АГАУ, 2007. – 115 с

167. Цховребов, В. С. Реминерализация чернозема выщелоченного различными горными породами / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, В. Я. Лысенко // Инновации аграрной науки и производства : состояние, проблемы и пути решения : сборник научных трудов / Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2008. – С. 48–51.

168. Чижова, М. С. Урожайность чечевицы при внесении удобрений / М. С. Чижова, А. И. Денисенко, В. Н. Рыбина и др. // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2-1 (20). – С. 64–69.

169. Шафранов, С. А. Регулирование азотного питания культурных растений / С. А. Шафран, В. Г. Сычев. – М. : ВНИИА, 2015. – 156 с.

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

171. Шеуджен, А.Х. Агрехимия : учеб. пособие для студентов вузов по агрономическим специальностям / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров ; под ред. А. Х. Шеуджена. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп : Афиша, 2006. – 1074 с.

172. Шеуджен, А. Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ : учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко. – Краснодар : КубГАУ, 2006. – 502 с.

173. Шеуджен, А. Х. Агробиогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – 877 с.

174. Шеуджен, А. Х. Агрохимические свойства чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Ю. А. Исупова // XXI век : итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 45–50.

175. Шеуджен, А. Х. Питание и удобрение зерновых бобовых культур / А. Х. Шеуджен. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 56 с.

176. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек – Майкоп : ООО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 232 с.

177. Шеуджен, А. Х. Агрохимия чернозема / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ», 2017. – 860 с.

178. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Ч. 5. Прикладная агрохимия : учебное пособие / А. Х. Шеуджен. – Майкоп : ООО «Полиграф-ЮГ», 2017. – 860 с.

179. Шляпина, М. С. Влияние глубины посева на урожайность чечевицы / М. С. Шляпина, Д. В. Гладков // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи : материалы VII Всероссийской научно-практической заочной конференции молодых ученых. – Лесниково, 2015. – С.100–103.

180. Шляпина, М. С. Влияние глубины посева на величину листовой поверхности и урожайность чечевицы / М. С. Шляпина, Д. В. Гладков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – № 3. – 2015. – С.75–80.

181. Шляпина, М. С. Влияние органических удобрений на величину листовой поверхности и урожайность чечевицы / М. С. Шляпина, Д. В. Гладков // Вестник НГАУ. – № 2(39). – 2016. – С. 54–58.
182. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, В. И. Кобзаренко. – М. : Колос, – 2002. – 584 с.
183. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник. / Б. А. Ягодин – СПб. : Лань, 2016. –2-е изд., стер. – 584 с.
184. Янов, В. И. Практикум по растениеводству : учебное пособие / В. И. Янов – Элиста : ЗАОр НПП «Джангар», 2007. – 384 с.
185. Янова, А. А. Урожайность и морфо-биологические особенности сортов чечевицы нового поколения в Центрально-Черноземном регионе РФ / А. А. Янова, И. В. Кондыков // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 1. – С. 19–22.
186. Calegari A., Tiecher T., Hargrove WL. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol // Soil & tillage research. – 2012. – P. 32–39.
187. Herceg J. Skusenosti s vel'kovyrobnum pestovanim sosovice v nason JRD // Uroda 1978. – r.26.
188. Foti S. Prospettive delle leguminose da granella in Italia // Rivista d: Agronomia, 1979. – an.13 – №1. – P. 5-23.
189. Gastal F., Lemaire G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological rerspective / F. Gastal, G. Lemaire // J. Exp. Bot. – 2002. – P. 789-799.
190. Gasior, J. Reaction of degraded chernozem to acidification / J. Gasior, C. Puchalski // Polish Journal of Environmental Studies. – 2011. – Volume 20. – Issue 3. – Pages 655–660.
191. Jaranowski J. Rola roslin straezkowych w problemie zywnoseiowym. Nowe Rolmetwo, – 1980. – № 9. – P. 1–2.
192. Lollato, R. P., Edwards J. T., Zhang H. L. Effect of Alternative Soil Acidity Amelioration Strategies on Soil pH Distribution and Wheat Agronomic

Response. Soil science society of America journal. – 2013. – 77 (5). – Pages 1831–1841.

193. Maimandi, Nejad M.J. Crop Botany. – Food legume crops: improvement and production. Food and agriculture organization of the United National. Rome, 1979. – P. 27–63.

194. Erskine, W. Perspectives in Lentil breeding // Intern. Workshop on faba beans, Kabuli chickpeas and lentils. Aleppo. Syria. – 1985. – P. 91–100

195. Rudramurthy, H. V. Dynamics of soil acidity in three acidic red soils under different land use systems / H. V. Rudramurthy, Y. P. Shilpashree // Ecology, Environment and Conservation. – 2011. – Volume 17. – Issue 4. – Pages 745–749.

196. Young D., Malorgio G. Lentils: market concerns for North American Research bull. XB // Washington state univ. College of agriculture and home economics research center: Pullman (Wash.), 1988. – P.18

197. Skrypetz S. Lentils and chick peas // Bi-weekly bulletin. 1999. – V.12. – № 9 (Part 1).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Динамика выпадения осадков (мм) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2014–2016 гг.

Год	Сумма осадков												Сумма осадков
	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2013	19	6	53	22	63	134	124	12	111	45	40	23	
2014	53,7	27,2	32,2	67,1	119,3	61,1	50,1	29,5	19,3	43,6	15,2	29,1	547
2015	20,5	28,9	19,8	56,8	90,8	46,5	32,7	20	13,8	33,6	54,2	95,6	513
2016	51,9	14,3	36,5	27,5	96,5	84,4	101,9	34,8	53,7	35,8	30,8	75,6	643
Средне-много-летние	28,4	24,7	30,4	46,6	63,1	86,1	54,5	52,7	42,0	43,6	41,1	37,8	551,0

Приложение 2 – Динамика температуры (°С) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2014–2016 гг.

Год	Среднемесячная температура												Средне-годовая
	месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2014	-4	-2,4	3,2	9,3	17,1	18,8	22,2	23,4	11	6,8	1,8	1,4	9,05
2015	-2,7	-1,6	2,2	8,4	15,2	20,3	22,4	22,1	19,4	7,8	6,1	1,3	10,07
2016	-3,7	2,6	5,7	12,1	15,5	24,5	21,4	24,1	12,2	3,1	3,7	-2,6	9,8
Средне-много-летние	-3,4	-2,8	1,7	9,7	14,9	19,0	21,8	20,9	15,9	9,3	3,5	-0,6	9,2

**Приложение 3 – Влияние минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги почвы (мм)
в 0–30 слое чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	Слой почвы, см.	2014					2015					2016				
		Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	0–10	Контроль	10,41	6,60	4,66	2,32	Контроль	9,05	5,20	3,30	1,60	Контроль	11,45	7,70	5,80	3,00
	10–20		18,38	19,51	17,56	15,73		17,05	18,00	16,30	14,60		19,50	21,00	18,60	16,80
	20–30		24,52	23,59	21,97	20,41		23,40	22,40	20,80	19,30		25,30	24,50	23,00	21,50
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	10,42	5,60	3,30	1,10	P ₄₀ K ₃₀	9,18	4,12	2,70	0,98	P ₄₀ K ₃₀	11,20	6,50	3,80	1,20
	10–20		18,53	18,59	15,39	13,80		17,07	17,10	14,20	12,51		19,55	19,60	16,45	15,10
	20–30		24,46	22,53	19,70	18,62		23,00	21,00	18,60	17,40		25,70	23,86	20,62	19,80
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	10,47	4,62	2,20	0,95	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	9,14	3,38	2,00	0,90	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	11,40	5,70	2,80	1,10
	10–20		18,40	17,40	14,33	11,40		17,00	15,90	13,05	10,20		19,40	18,70	15,60	12,60
	20–30		24,55	21,74	18,60	16,30		23,20	20,57	17,50	15,20		25,65	22,70	19,60	17,50
Канадская	0–10	Контроль	10,45	6,56	4,70	2,34	Контроль	9,08	5,30	3,58	1,70	Контроль	11,56	7,66	5,80	3,04
	10–20		18,33	19,30	17,62	15,76		17,07	18,04	16,36	14,64		19,43	20,44	18,73	16,87
	20–30		25,00	23,64	22,00	20,45		23,88	22,27	20,63	19,08		26,10	24,75	23,10	21,50
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	10,46	5,55	3,32	1,15	P ₄₀ K ₃₀	9,34	4,29	2,20	1,08	P ₄₀ K ₃₀	11,20	6,57	3,78	1,18
	10–20		18,45	18,52	15,35	13,83		17,08	17,15	14,09	12,57		19,60	19,62	16,45	14,94
	20–30		24,53	22,50	19,75	18,68		23,16	21,13	18,63	17,31		25,67	23,61	20,85	19,79
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	10,40	4,65	2,24	1,02	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	9,14	3,28	1,12	0,92	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	11,50	5,75	2,86	1,11
	10–20		18,30	17,43	14,36	11,44		17,04	16,17	13,10	10,32		19,42	18,57	15,46	12,54
	20–30		24,60	21,80	18,70	16,35		23,48	20,43	17,44	15,09		25,74	22,91	19,80	17,46

**Приложение 4 – Влияние минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора чернозема
выщелоченного (ед.) в 0-30 слое чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	6,42	6,38	6,40	6,44	Контроль	6,42	6,37	6,43	6,47	Контроль	6,43	6,31	6,18	6,23
	P ₄₀ K ₃₀	6,47	6,32	6,44	6,27	P ₄₀ K ₃₀	6,54	6,22	6,35	6,27	P ₄₀ K ₃₀	6,44	6,36	6,25	6,24
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	6,48	6,27	6,41	6,48	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	6,44	6,24	6,33	6,37	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	6,49	6,33	6,26	6,36
Канадская	Контроль	6,31	6,40	6,41	6,33	Контроль	6,43	6,32	6,39	6,46	Контроль	6,41	6,32	6,17	6,25
	P ₄₀ K ₃₀	6,46	6,21	6,19	6,29	P ₄₀ K ₃₀	6,39	6,29	6,33	6,34	P ₄₀ K ₃₀	6,42	6,33	6,24	6,34
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	6,40	6,25	6,28	6,27	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	6,40	6,30	6,35	6,41	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	6,47	6,30	6,27	6,36

**Приложение 5 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора чернозема
выщелоченного (ед.) в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	Слой почвы, см.	2014					2015					2016				
		Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	0–10	Контроль	6,40	6,30	6,39	6,55	Контроль	6,44	6,35	6,47	6,44	Контроль	6,53	6,38	6,21	6,25
	10–20		6,40	6,34	6,32	6,36		6,42	6,33	6,52	6,66		6,43	6,24	6,14	6,25
	20–30		6,47	6,50	6,50	6,40		6,40	6,44	6,30	6,30		6,32	6,30	6,20	6,20
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	6,50	6,23	6,43	6,28	P ₄₀ K ₃₀	6,47	6,15	6,38	6,37	P ₄₀ K ₃₀	6,52	6,33	6,24	6,20
	10–20		6,42	6,22	6,48	6,44		6,55	6,16	6,38	6,24		6,43	6,37	6,20	6,24
	20–30		6,50	6,50	6,40	6,10		6,61	6,34	6,30	6,20		6,36	6,39	6,30	6,27
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	6,52	6,25	6,45	6,58	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	6,33	6,17	6,34	6,46	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	6,57	6,34	6,40	6,43
	10–20		6,52	6,16	6,47	6,56		6,35	6,28	6,35	6,46		6,49	6,24	6,11	6,24
	20–30		6,40	6,40	6,30	6,30		6,66	6,28	6,30	6,20		6,42	6,40	6,27	6,41
Канадская	0–10	Контроль	6,30	6,28	6,26	6,40	Контроль	6,42	6,34	6,30	6,29	Контроль	6,45	6,32	6,17	6,27
	10–20		6,44	6,42	6,28	6,20		6,29	6,19	6,28	6,50		6,40	6,27	6,10	6,26
	20–30		6,20	6,50	6,70	6,40		6,58	6,42	6,60	6,60		6,37	6,38	6,23	6,22
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	6,51	6,26	6,20	6,44	P ₄₀ K ₃₀	6,41	6,19	6,34	6,30	P ₄₀ K ₃₀	6,53	6,29	6,22	6,31
	10–20		6,48	6,16	6,16	6,32		6,44	6,28	6,36	6,42		6,40	6,33	6,18	6,33
	20–30		6,38	6,20	6,20	6,10		6,32	6,41	6,30	6,30		6,32	6,38	6,32	6,38
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	6,49	6,20	6,40	6,42	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	6,29	6,33	6,30	6,34	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	6,55	6,30	6,37	6,46
	10–20		6,32	6,16	6,24	6,28		6,44	6,26	6,44	6,48		6,47	6,21	6,13	6,20
	20–30		6,40	6,40	6,20	6,10		6,48	6,32	6,30	6,40		6,40	6,40	6,30	6,42

**Приложение 6 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг)
в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	37,1	31,8	29,0	19,3	Контроль	39,1	33,0	29,9	21,1	Контроль	39,6	34,3	31,1	21,9
	P ₄₀ K ₃₀	37,0	32,1	27,7	19,7	P ₄₀ K ₃₀	38,9	33,4	28,3	21,7	P ₄₀ K ₃₀	38,4	33,2	26,6	18,7
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	35,8	31,2	25,7	19,8	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	38,3	31,3	27,5	20,8	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	39,2	34,3	26,2	19,5
Канадская	Контроль	36,0	31,7	28,1	20,1	Контроль	37,6	32,8	29,2	21,2	Контроль	38,6	34,9	28,0	21,3
	P ₄₀ K ₃₀	35,8	31,6	28,0	20,1	P ₄₀ K ₃₀	39,1	36,1	32,8	22,1	P ₄₀ K ₃₀	39,2	35,7	29,5	22,5
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	35,6	31,9	26,9	20,4	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	41,1	33,5	28,6	21,1	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	42,2	36,0	28,8	22,2

**Приложение 7 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг)
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	Слой почвы, см.	2014					2015					2016				
		Доза удобрений	Входы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Входы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Входы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	0–10	Контроль	43,1	37,4	35,3	21,2	Контроль	46,4	38,6	35,1	22,6	Контроль	45,5	39,1	35,9	22,7
	10–20		39,6	33,4	29,2	20,5		41,2	35,1	31,4	22,2		40,3	35,8	31,3	23,8
	20–30		28,5	24,7	22,5	16,1		29,6	25,2	23,1	18,5		32,9	28,1	26	19,1
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	43,8	38,6	33	22,4	P ₄₀ K ₃₀	47,2	43,7	34,6	25,6	P ₄₀ K ₃₀	46	42,2	34,6	22,1
	10–20		37,2	32,3	26,8	20		39,4	32,1	28	22,1		38,2	29,1	28	18,7
	20–30		29,9	25,4	23,4	16,6		30,1	24,4	22,2	17,4		31	28,3	17,1	15,3
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	44,8	41,2	29,6	23,7	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	50,2	39,2	31,3	23,8	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	49,1	43,1	33,8	21,6
	10–20		36,9	31,6	25,2	19,8		41,5	34	30,8	21,4		37,6	31,9	32,8	22,2
	20–30		29	24,8	23,1	17		29,1	24,4	22,3	18		33,9	30,4	18,3	15,9
Канадская	0–10	Контроль	42,3	38,2	33,5	22,8	Контроль	44,6	39	34,2	23	Контроль	44	38,5	33,7	23,2
	10–20		38,1	32,7	28,8	21,1		39,5	34,3	29,9	21,5		38,8	35,4	31,3	23,2
	20–30		27,7	24,2	22,1	16,4		28,7	25	23,6	19,1		33,1	30,9	18,9	17,4
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	44	39,8	34,9	23	P ₄₀ K ₃₀	47,8	44,9	36	26,6	P ₄₀ K ₃₀	46,8	40,4	37,3	26,8
	10–20		37,4	31,5	27	20,7		38,8	37	39,8	21,7		37,6	37,1	33,8	25
	20–30		26,1	23,6	22	16,6		30,7	26,3	22,6	17,9		33,3	29,7	17,3	15,8
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	44,5	40,6	30,9	24,2	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	51,1	40,6	34,4	24,5	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	50,3	41,9	36,9	25,7
	10–20		37	31,1	26,7	20,3		42,1	33,8	29,5	21		41,2	35	31,1	24,1
	20–30		25,4	24,1	23	16,8		30,1	26,1	22	17,8		35	31	18,3	16,8

**Приложение 8 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей содержания
аммонийного азота (мг/кг) в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

		Корреляция												
	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11	Столбец 12	Столбец 13	
Столбец 1	1													
Столбец 2	0,54119	1												
Столбец 3	0,45413	0,23392	1											
Столбец 4	0,54966	-0,17477	0,28032	1										
Столбец 5	0,17026	0,41021	0,41476	-0,13400	1									
Столбец 6	0,33925	0,06622	0,90975	0,22675	0,32416	1								
Столбец 7	0,10762	0,28608	0,46363	0,09020	0,55199	0,41586	1							
Столбец 8	0,34573	0,23059	0,48084	0,31987	0,76744	0,42623	0,56886	1						
Столбец 9	-0,29603	0,20355	-0,50279	-0,36491	0,11092	-0,67029	-0,23978	-0,16842	1					
Столбец 10	0,45077	0,05639	0,18710	0,55864	0,44910	0,14950	0,28781	0,42221	-0,22602	1				
Столбец 11	0,26675	0,31000	0,63656	-0,01179	0,80132	0,58806	0,58672	0,57914	-0,17507	0,44912	1			
Столбец 12	0,09940	0,58043	-0,05093	-0,22463	0,50271	-0,20765	0,00482	0,22009	0,69474	0,04886	0,27906	1		
Столбец 13	0,69529	0,03553	0,45953	0,55220	-0,29358	0,33342	-0,19708	-0,06387	-0,39867	0,14006	-0,03930	-0,29473	1	

Регрессионная статистика

Множественный R	0,95870845
R-квадрат	0,91912189
Нормированный R-квадрат	0,83089122
Стандартная ошибка	0,16588682
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	12	3,440000895	0,286666741	10,41726098	0,000238142
Остаток	11	0,302702808	0,027518437		
Итого	23	3,742703704			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P- Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	2,5669	2,8087	0,9139	0,3804	-3,6150	8,7487	-3,6150	8,7487
Переменная X 1	0,1565	0,0373	4,1906	0,0015	0,0174	0,2387	0,0743	0,2387
Переменная X 2	-0,1325	0,0621	-2,1328	0,0563	-0,2693	0,0042	-0,2693	0,0042
Переменная X 3	0,1910	0,0555	3,4391	0,0055	0,0688	0,3133	0,0688	0,3133
Переменная X 4	-0,0398	0,0807	-0,4925	0,6320	-0,2174	0,1379	-0,2174	0,1379
Переменная X 5	-0,0607	0,1199	-0,5057	0,0062	-0,3247	0,2033	-0,3247	0,2033
Переменная X 6	-0,1245	0,0552	-2,2558	0,0454	-0,2460	-0,0030	-0,2460	-0,0030
Переменная X 7	-0,0202	0,0335	-0,6041	0,0056	-0,0938	0,0534	-0,0938	0,0534
Переменная X 8	-0,0158	0,0499	-0,3158	0,7580	-0,1257	0,0941	-0,1257	0,0941
Переменная X 9	0,0015	0,0439	0,0342	0,9733	-0,0950	0,0980	-0,0950	0,0980
Переменная X 10	-0,0043	0,0821	-0,0526	0,9590	-0,1851	0,1764	-0,1851	0,1764
Переменная X 11	-0,0107	0,0587	-0,1820	0,8589	-0,1400	0,1186	-0,1400	0,1186
Переменная X 12	-0,0195	0,0899	-0,2165	0,8326	-0,2174	0,1785	-0,2174	0,1785

**Приложение 9 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг)
в 0-30 слое чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	21,6	18,0	16,7	12,8	Контроль	23,9	20,3	19,3	14,7	Контроль	22,8	19,2	18,4	14,4
	P ₄₀ K ₃₀	22,7	18,6	18,1	14,6	P ₄₀ K ₃₀	24,2	20,8	20,1	16,1	P ₄₀ K ₃₀	23,5	19,8	19,5	16,1
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	26,9	21,1	19,6	15,5	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	28,7	23,0	21,5	17,3	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	27,8	22,1	20,8	16,7
Канадская	Контроль	22,3	18,4	18,0	13,3	Контроль	24,2	20,2	19,6	14,5	Контроль	22,5	19,2	18,4	14,4
	P ₄₀ K ₃₀	24,7	19,5	20,9	14,6	P ₄₀ K ₃₀	25,9	21,2	20,7	15,8	P ₄₀ K ₃₀	24,5	20,4	19,5	16,1
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	28,3	21,9	20,9	16,1	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	29,8	23,7	22,3	16,9	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	27,8	22,1	20,8	16,7

**Приложение 10 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг)
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	Слой почвы, см.	2014					2015					2016				
		Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	0–10	Контроль	24,7	21,3	20,2	13,8	Контроль	26,2	22,9	21,0	15,7	Контроль	25,3	22,2	21,6	15,8
	10–20		22,1	17,5	15,7	12,6		25,1	20,0	19,6	14,6		23,9	19,3	17,8	14,0
	20–30		18,0	15,1	14,2	12,0		20,4	18,0	17,3	13,9		19,1	16,2	15,9	13,5
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	26,9	21,9	20,7	15,3	P ₄₀ K ₃₀	28,3	24,1	22,9	17,2	P ₄₀ K ₃₀	27,6	22,8	21,9	16,4
	10–20		24,3	18,2	18,1	15,6		26,7	20,6	19,3	16,0		24,5	18,9	18,7	15,8
	20–30		17,0	15,8	15,4	13,0		17,7	17,6	18,2	15,2		18,5	17,6	17,8	14,3,
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	31,0	24,7	23,0	16,8	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	33,2	26,3	25,4	18,7	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	32,2	25,3	24,6	17,8
	10–20		28,5	20,1	19,2	15,2		30,3	22,5	21,0	17,1		29,3	21,6	20,4	16,5
	20–30		21,2	18,6	16,5	14,6		22,5	20,1	18,1	16,2		21,8	19,4	17,3	15,7
Канадская	0–10	Контроль	25,2	21,0	20,9	14,7	Контроль	26,8	23,2	22,6	16,1	Контроль	25,1	22,2	21,6	15,8
	10–20		23,0	17,8	17,1	13,0		25,2	19,4	18,7	14,2		23,6	19,3	17,8	14,0
	20–30		18,6	16,4	16,0	12,1		20,6	18,0	17,6	13,3		18,9	16,2	15,9	13,5
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	27,5	23,2	25,7	15,4	P ₄₀ K ₃₀	28,7	23,1	22,8	17,6	P ₄₀ K ₃₀	27,6	23,4	21,9	16,4
	10–20		25,4	17,4	19,5	14,3		26,9	20,8	20,3	15,2		25,5	19,6	18,7	15,8
	20–30		21,2	18,0	17,6	14,1		22,2	19,7	18,9	14,5		20,3	18,1	17,8	14,3,
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	33,2	25,5	24,7	16,9	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	34,5	27,4	26,1	18,7	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	32,2	25,3	24,6	17,8
	10–20		30,1	20,2	20,1	15,8		31,4	22,1	21,6	16,2		29,3	21,6	20,4	16,5
	20–30		21,6	19,9	18,0	15,7		23,6	21,5	19,2	15,8		21,8	19,4	17,3	15,7

**Приложение 11 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей содержания нитратного азота (мг/кг)
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Корреляция													
	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11	Столбец 12	Столбец 13
Столбец 1	1												
Столбец 2	0,98775	1											
Столбец 3	0,77542	0,81316	1										
Столбец 4	0,96801	0,98025	0,79578	1									
Столбец 5	0,83203	0,87554	0,71104	0,87479	1								
Столбец 6	0,90856	0,93504	0,91055	0,91645	0,82908	1							
Столбец 7	0,86382	0,87423	0,82405	0,88274	0,66452	0,86950	1						
Столбец 8	0,87453	0,91472	0,82080	0,89644	0,84106	0,95032	0,86248	1					
Столбец 9	0,63655	0,68554	0,66736	0,68534	0,63676	0,84765	0,70728	0,85407	1				
Столбец 10	0,88522	0,91449	0,73767	0,90880	0,94403	0,89806	0,79167	0,92159	0,78426	1			
Столбец 11	0,82153	0,81660	0,48495	0,80824	0,79159	0,73594	0,66267	0,83107	0,67168	0,87848	1		
Столбец 12	0,91692	0,93737	0,71304	0,93741	0,87868	0,88210	0,84814	0,92188	0,75007	0,93814	0,90443	1	
Столбец 13	0,62258	0,59990	0,22699	0,62409	0,65778	0,45411	0,38598	0,55156	0,35593	0,68258	0,85438	0,71506	1

Регрессионная статистика

Множественный R	0,9476869
R-квадрат	0,8981104
Нормированный R-квадрат	0,7869581
Стандартная ошибка	0,1861921
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	12	3,361361071	0,280113423	8,079997838	0,00077093
Остаток	11	0,381342633	0,034667512		
Итого	23	3,742703704			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P- Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	0,7354	4,1054	0,1791	0,8611	-8,3006	9,7713	-8,3006	9,7713
Переменная X 1	-0,3603	0,5710	-0,6310	0,5409	-1,6170	0,8964	-1,6170	0,8964
Переменная X 2	-0,0815	0,2587	-0,3152	0,7585	-0,6510	0,4879	-0,6510	0,4879
Переменная X 3	-0,2844	0,4504	-0,6315	0,5406	-1,2756	0,7068	-1,2756	0,7068
Переменная X 4	0,2934	0,1467	2,0000	0,0308	-0,0295	0,6163	-0,0295	0,6163
Переменная X 5	-0,3500	0,2651	-1,3200	0,0214	-0,9335	0,2336	-0,9335	0,2336
Переменная X 6	1,0678	1,5222	0,7015	0,0418	-2,2826	4,4182	-2,2826	4,4182
Переменная X 7	-0,0594	0,2080	-0,2853	0,7807	-0,5172	0,3985	-0,5172	0,3985
Переменная X 8	-0,1505	0,3303	-0,4558	0,0366	-0,8775	0,5764	-0,8775	0,5764
Переменная X 9	-0,7689	0,8234	-0,9338	0,3704	-2,5811	1,0433	-2,5811	1,0433
Переменная X 10	0,4655	0,3227	1,4425	0,1770	-0,2448	1,1759	-0,2448	1,1759
Переменная X 11	0,3523	0,2601	1,3546	0,2027	-0,2201	0,9248	-0,2201	0,9248
Переменная X 12	0,2998	0,1936	1,5487	0,1497	-0,1263	0,7259	-0,1263	0,7259

**Приложение 12 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг)
в 0-30 слое чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	22,5	20,5	18,7	18,3	Контроль	24,8	22,8	20,9	20,6	Контроль	23,8	21,0	19,4	19,0
	P ₄₀ K ₃₀	24,4	21,9	19,7	19,2	P ₄₀ K ₃₀	27,1	24,5	22,4	21,9	P ₄₀ K ₃₀	25,5	23,0	20,7	19,7
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	24,6	22,1	19,5	19,1	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	27,5	25,0	22,5	22,0	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	24,5	22,7	21,3	20,1
Канадская	Контроль	22,6	20,6	18,9	18,5	Контроль	24,4	22,4	21,0	20,6	Контроль	22,9	21,9	20,5	19,6
	P ₄₀ K ₃₀	24,0	21,4	19,6	19,1	P ₄₀ K ₃₀	25,9	24,0	22,5	21,5	P ₄₀ K ₃₀	25,1	22,5	20,7	19,2
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	24,7	21,9	21,1	20,7	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	26,6	23,8	21,7	21,5	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	24,9	23,1	20,6	19,3

**Приложение 13 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг)
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	Слой почвы, см.	2014					2015					2016				
		Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	0–10	Контроль	26,3	24,7	23,1	22,9	Контроль	29,2	27,6	26	25,8	Контроль	27,8	25,8	24	23,6
	10–20		24,2	20,4	18,7	18,1		26,4	22,6	20,9	20,3		25,4	21,8	20	19,5
	20–30		17,1	16,5	14,2	14		18,7	18,1	15,8	15,6		18,2	15,4	14,1	14
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	30,6	27,1	25,6	25	P ₄₀ K ₃₀	33,7	30,2	28,7	28,1	P ₄₀ K ₃₀	31,9	28,7	26,4	24,6
	10–20		25,4	21,5	19,7	18,9		28,3	24,4	22,6	21,8		26,5	22,3	21	20,5
	20–30		17,3	17	13,8	13,8		19,3	19	15,8	15,8		18,1	17,9	14,6	14,1
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	32,1	28	26,7	25,7	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	35,4	31,3	30	29	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	30,2	28	27,1	25
	10–20		24,8	21,6	18,3	18		28	24,8	21,5	21,2		25,6	23,1	21,4	21
	20–30		16,9	16,7	13,6	13,5		19,2	19	15,9	15,8		17,6	17	15,4	14,3
Канадская	0–10	Контроль	26,6	24,4	22,7	22,4	Контроль	28,9	27,8	26,3	26	Контроль	27,3	26	25,1	24
	10–20		23,9	20,5	19,1	18,5		25,7	21,7	20,2	19,8		24,3	23,1	21,5	20,6
	20–30		17,4	16,8	15	14,6		18,5	17,8	16,5	16,1		17	16,5	14,9	14,2
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	30,4	26,5	25,1	24,9	P ₄₀ K ₃₀	32,5	28,2	26,7	26,1	P ₄₀ K ₃₀	32,2	28,5	27,9	25,6
	10–20		24,8	21,3	20,4	19,4		25,9	24,8	23	21,7		26,2	22,3	21,1	19,7
	20–30		16,8	16,4	13,2	13		19,3	18,9	17,7	16,6		16,9	16,7	13	12,3
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	31,8	27,6	26,1	25,7	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	33,8	29,5	27,1	27,3	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	31,4	29,1	28,1	26,3
	10–20		25,1	21,9	22,8	22,2		26,3	22,5	20,7	20,2		25,2	22,9	17,7	16,5
	20–30		17,2	16,3	14,3	14,1		19,8	19,5	17,2	16,9		18	17,4	15,9	15

**Приложение 14 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей содержания подвижного фосфора (мг/кг)
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Корреляция													
	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11	Столбец 12	Столбец 13
Столбец 1	1												
Столбец 2	0,74821	1											
Столбец 3	0,47452	0,70032	1										
Столбец 4	0,93234	0,84384	0,58906	1									
Столбец 5	0,67623	0,72889	0,62135	0,79951	1								
Столбец 6	0,66034	0,72132	0,84358	0,73446	0,76690	1							
Столбец 7	0,89505	0,78263	0,45540	0,97211	0,78268	0,73491	1						
Столбец 8	0,40684	0,51341	0,35992	0,36417	0,62974	0,37822	0,35451	1					
Столбец 9	0,23742	0,32405	0,82810	0,38033	0,54859	0,75683	0,30355	0,27818	1				
Столбец 10	0,89197	0,81102	0,63189	0,94774	0,75008	0,75165	0,92644	0,38991	0,44292	1			
Столбец 11	0,39391	0,54046	0,40131	0,37496	0,59497	0,39036	0,34207	0,97029	0,29789	0,40088	1		
Столбец 12	0,25369	0,39937	0,88920	0,39051	0,48883	0,78547	0,27917	0,24845	0,96148	0,49231	0,30240	1	
Столбец 13	0,70409	0,63770	0,25941	0,75905	0,50985	0,35879	0,75350	0,13400	0,02004	0,58688	0,18385	0,00009	1

Регрессионная статистика

Множественный R	0,931612491
R-квадрат	0,867901833
Нормированный R-квадрат	0,723794741
Стандартная ошибка	0,212004352
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	12	3,248299404	0,270691617	6,022617098	0,002794971
Остаток	11	0,494404299	0,044945845		
Итого	23	3,742703704			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P- Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-2,43065	1,32196	-1,83866	0,09309	-5,34027	0,47897	-5,34027	0,47897
Переменная X 1	0,05821	0,10687	0,54462	0,03597	-0,17702	0,29343	-0,17702	0,29343
Переменная X 2	-0,06924	0,38694	-0,17893	0,03861	-0,92089	0,78242	-0,92089	0,78242
Переменная X 3	0,33685	0,50653	0,66502	0,51974	-0,77801	1,45171	-0,77801	1,45171
Переменная X 4	0,01635	0,37795	0,04326	0,04907	-0,81552	0,84822	-0,81552	0,84822
Переменная X 5	0,02639	0,12653	0,20854	0,03839	-0,25210	0,30487	-0,25210	0,30487
Переменная X 6	0,01387	0,19113	0,07257	0,03594	-0,40681	0,43456	-0,40681	0,43456
Переменная X 7	0,36074	0,55625	0,64852	0,52996	-0,86356	1,58503	-0,86356	1,58503
Переменная X 8	-0,46464	0,24695	-1,88147	0,08662	-1,00818	0,07890	-1,00818	0,07890
Переменная X 9	-0,09449	0,66456	-0,14218	0,88951	-1,55718	1,36821	-1,55718	1,36821
Переменная X 10	-0,34709	0,33108	-1,04835	0,31697	-1,07578	0,38161	-1,07578	0,38161
Переменная X 11	0,44153	0,22014	2,00570	0,07012	-0,04299	0,92605	-0,04299	0,92605
Переменная X 12	-0,11492	0,66001	-0,17411	0,86494	-1,56760	1,33776	-1,56760	1,33776

**Приложение 15 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг)
в 0-30 слое чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	268	226	215	250	Контроль	268	238	238	224	Контроль	278	230	227	236
	P ₄₀ K ₃₀	272	225	213	243	P ₄₀ K ₃₀	301	248	241	218	P ₄₀ K ₃₀	292	241	239	241
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	253	224	211	236	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	275	224	243	209	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	288	245	237	245
Канадская	Контроль	278	237	218	257	Контроль	256	213	212	185	Контроль	275	237	230	225
	P ₄₀ K ₃₀	277	253	231	263	P ₄₀ K ₃₀	267	244	226	195	P ₄₀ K ₃₀	282	260	240	236
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	261	233	231	247	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	257	231	236	199	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	269	238	235	234

**Приложение 16 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг)
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014–2016 гг.**

Сорт	Слой почвы, см.	2014					2015					2016				
		Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	0–10	Контроль	313	247	233	291	Контроль	278	255	244	231	Контроль	280	249	245	250
	10–20		260	224	212	243		270	231	238	223		290	230	236	235
	20–30		232	208	200	217		257	228	232	218		265	210	200	222
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	300	254	248	301	P ₄₀ K ₃₀	318	263	253	224	P ₄₀ K ₃₀	298	259	253	259
	10–20		267	219	207	227		305	257	248	221		297	233	228	235
	20–30		249	201	183	202		280	223	223	208		280	232	237	230
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	283	257	243	283	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	297	263	263	227	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	302	269	252	261
	10–20		247	224	205	226		280	211	246	214		302	259	251	255
	20–30		235	199	192	211		251	206	224	190		263	214	212	222
Канадская	0–10	Контроль	336	298	288	305	Контроль	274	230	226	201	Контроль	303	256	249	246
	10–20		256	219	190	234		258	206	206	179		270	230	221	216
	20–30		242	195	177	232		235	202	204	175		251	226	219	213
	0–10	P ₄₀ K ₃₀	328	312	283	311	P ₄₀ K ₃₀	285	262	237	207	P ₄₀ K ₃₀	308	281	251	252
	10–20		262	236	214	241		266	245	224	195		276	265	240	238
	20–30		240	210	197	236		251	224	217	184		263	233	228	219
	0–10	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	293	266	258	285	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	282	251	258	221	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	304	263	262	261
	10–20		261	223	225	249		251	224	230	189		256	230	228	223
	20–30		230	210	210	207		237	219	221	186		248	221	216	218

**Приложение 17 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей содержания обменного калия
в различных слоях чернозема выщелоченного, 2014-2016 гг.**

Корреляция													
	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11	Столбец 12	Столбец 13
Столбец 1	1												
Столбец 2	0,10854	1											
Столбец 3	0,10473	0,89564	1										
Столбец 4	0,74883	-0,02562	0,01830	1									
Столбец 5	0,27120	0,54657	0,59951	0,38449	1								
Столбец 6	-0,08117	0,38438	0,57736	0,00836	0,63623	1							
Столбец 7	0,68111	-0,08849	-0,04512	0,82838	0,02888	-0,13845	1						
Столбец 8	-0,21328	0,67983	0,59512	-0,09019	0,57008	0,58529	-0,10905	1					
Столбец 9	-0,29005	0,42351	0,50924	-0,18175	0,40382	0,85911	-0,19587	0,74781	1				
Столбец 10	0,58748	-0,20398	-0,25486	0,52129	-0,07280	-0,41334	0,48775	-0,45801	-0,61808	1			
Столбец 11	0,45474	0,34605	0,20179	0,43742	0,37039	-0,01376	0,30253	0,17858	-0,13617	0,72734	1		
Столбец 12	0,57777	0,25927	0,30779	0,56559	0,34247	0,13069	0,46455	-0,01726	-0,11836	0,67937	0,80757	1	
Столбец 13	-0,20391	0,52181	0,50263	-0,13944	0,38952	0,26517	-0,05916	0,69276	0,45687	-0,16867	0,19363	-0,04725	1

Регрессионная статистика

Множественный R	0,975231
R-квадрат	0,951075
Нормированный R-квадрат	0,897701
Стандартная ошибка	0,129022
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	12	3,559590461	0,296632538	17,81934432	1,72962752E-05
Остаток	11	0,183113243	0,016646658		
Итого	23	3,742703704			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P- Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-2,84172	1,10974	-2,56071	0,02649	-5,28424	-0,39920	-5,28424	-0,39920
Переменная X 1	-0,00968	0,00363	-2,66592	0,02195	-0,01767	-0,00169	-0,01767	-0,00169
Переменная X 2	-0,01139	0,00727	-1,56695	0,01454	-0,02738	0,00461	-0,02738	0,00461
Переменная X 3	0,02289	0,00782	2,92781	0,01374	0,00568	0,04010	0,00568	0,04010
Переменная X 4	-0,02126	0,00525	-4,05192	0,00191	-0,03281	-0,00971	-0,03281	-0,00971
Переменная X 5	0,03619	0,00619	5,84862	0,00011	0,02257	0,04981	0,02257	0,04981
Переменная X 6	-0,06746	0,01038	-6,49658	0,00004	-0,09032	-0,04461	-0,09032	-0,04461
Переменная X 7	0,01692	0,00620	2,72680	0,01969	0,00326	0,03057	0,00326	0,03057
Переменная X 8	0,00707	0,00605	1,16841	0,02673	-0,00625	0,02039	-0,00625	0,02039
Переменная X 9	0,04684	0,00771	6,07401	0,00008	0,02987	0,06382	0,02987	0,06382
Переменная X 10	0,02125	0,00407	5,22145	0,00028	0,01230	0,03021	0,01230	0,03021
Переменная X 11	-0,01542	0,00754	-2,04454	0,06559	-0,03202	0,00118	-0,03202	0,00118
Переменная X 12	-0,00611	0,00533	-1,14656	0,27589	-0,01783	0,00562	-0,01783	0,00562

**Приложение 18 – Влияние минеральных удобрений
на динамику густоты стояния растений (шт/м²), 2014–2016 гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	150	124	114	89	Контроль	160	131	116	95	Контроль	167	136	119	100
	P ₄₀ K ₃₀	154	142	116	92	P ₄₀ K ₃₀	163	145	119	98	P ₄₀ K ₃₀	174	149	123	104
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	155	141	118	99	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	163	147	120	103	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	178	152	122	108
Канадская	Контроль	159	126	98	68	Контроль	164	140	107	73	Контроль	167	148	109	79
	P ₄₀ K ₃₀	165	140	110	80	P ₄₀ K ₃₀	173	151	119	84	P ₄₀ K ₃₀	184	155	121	88
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	171	142	111	77	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	179	156	115	80	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	190	165	123	83

**Приложение 19 – Влияние минеральных удобрений
на динамику густоты стояния растений (шт/м²), среднее за 2014–2016 гг**

Сорт	Система удобрений, А	Фазы развития				А, НСР ₀₅ = 4,1	В, НСР ₀₅ = 3,8
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	159	130	116	95	130	125
	P ₄₀ K ₃₀	164	145	119	98		132
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	165	147	120	103		134
Канадская	Контроль	163	138	105	73	128	
	P ₄₀ K ₃₀	174	149	117	84		
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	180	154	116	80		
С, НСР ₀₅ = 6,3		168	144	116	89	НСР ₀₅ = 13	

**Приложение 20 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей
густоты стояния растений (шт/м²), 2014–2016 гг**

Корреляция					
	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5
Столбец 1	1				
Столбец 2	0,848721069	1			
Столбец 3	0,395150674	0,55163447	1		
Столбец 4	-0,1065989	0,07969295	0,785341969	1	
Столбец 5	0,364356744	0,59773076	0,829253457	0,769634126	1

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,9448091
R-квадрат	0,892664236
Нормированный R-квадрат	0,870067233
Стандартная ошибка	0,145407949
Наблюдения	24

Дисперсионный анализ					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	4	3,340977743	0,835244436	39,50365625	5,87347E-09
Остаток	19	0,401725961	0,021143472		
Итого	23	3,742703704			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P- Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
У-пересечение	-3,15579	0,70844	-4,45456	0,00027	-4,63857	-1,67301	-4,63857	-1,67301
Переменная X 1	-0,00012	0,00645	-0,01935	0,98476	-0,01362	0,01337	-0,01362	0,01337
Переменная X 2	0,02766	0,00663	4,17088	0,00052	0,01378	0,04154	0,01378	0,04154
Переменная X 3	-0,01797	0,01371	-1,31001	0,00206	-0,04667	0,01074	-0,04667	0,01074
Переменная X 4	0,03303	0,00648	5,09409	0,00006	0,01946	0,04660	0,01946	0,04660

Приложение 21 – Накопление сухой биомассы (т/га) растениями чечевицы, в зависимости от применения минеральных удобрений, 2014–2016гг.

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	0,33	3,15	4,98	6,6	Контроль	0,47	3,30	5,14	6,7	Контроль	0,51	3,39	5,17	6,9
	P ₄₀ K ₃₀	0,33	3,40	6,11	8,2	P ₄₀ K ₃₀	0,49	3,54	6,27	8,4	P ₄₀ K ₃₀	0,54	3,63	6,36	8,5
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	0,36	3,53	6,30	8,8	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	0,50	3,67	6,39	8,9	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	0,59	3,78	6,50	9,0
Канадская	Контроль	0,24	3,10	5,12	6,37	Контроль	0,37	3,23	5,19	6,41	Контроль	0,49	3,30	5,22	6,58
	P ₄₀ K ₃₀	0,30	3,28	5,65	7,19	P ₄₀ K ₃₀	0,46	3,45	5,78	7,34	P ₄₀ K ₃₀	0,53	3,50	5,87	7,42
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	0,31	3,38	5,64	7,51	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	0,47	3,50	5,93	7,65	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	0,55	3,61	6,13	7,76

Приложение 22 – Накопление сухой биомассы (т/га) растениями чечевицы, в зависимости от применения минеральных удобрений, среднее за 2014–2016гг.

Сорт	Система удобрений, А	Фазы развития				А, НСР ₀₅ = 0,14	В, НСР ₀₅ = 0,16
		Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость		
Веховская	Контроль	0,44	3,28	5,10	6,7	4,47	3,84
	P ₄₀ K ₃₀	0,45	3,52	6,25	8,4		4,44
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0,48	3,66	6,40	8,9		4,61
Канадская	Контроль	0,37	3,21	5,19	6,45	4,14	
	P ₄₀ K ₃₀	0,43	3,41	5,78	7,32		
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₈	0,44	3,50	5,90	7,64		
С, НСР ₀₅ = 0,18		0,43	3,43	5,77	7,57	НСР ₀₅ = 0,48	

Приложение 23 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов чечевицы, 2014–2016гг.

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	0,33	3,15	4,98	6,6	Контроль	0,47	3,30	5,14	6,7	Контроль	0,51	3,39	5,17	6,9
	P ₄₀ K ₃₀	0,33	3,40	6,11	8,2	P ₄₀ K ₃₀	0,49	3,54	6,27	8,4	P ₄₀ K ₃₀	0,54	3,63	6,36	8,5
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	0,36	3,53	6,30	8,8	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	0,50	3,67	6,39	8,9	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	0,59	3,78	6,50	9,0
Канадская	Контроль	0,24	3,10	5,12	6,37	Контроль	0,37	3,23	5,19	6,41	Контроль	0,49	3,30	5,22	6,58
	P ₄₀ K ₃₀	0,30	3,28	5,65	7,19	P ₄₀ K ₃₀	0,46	3,45	5,78	7,34	P ₄₀ K ₃₀	0,53	3,50	5,87	7,42
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	0,31	3,38	5,64	7,51	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	0,47	3,50	5,93	7,65	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	0,55	3,61	6,13	7,76

**Приложение 24 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%)
в растениях сортов чечевицы, 2014–2016гг.**

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	0,35	0,34	0,29	0,18	Контроль	0,42	0,41	0,36	0,19	Контроль	0,37	0,36	0,32	0,15
	P ₄₀ K ₃₀	0,41	0,39	0,32	0,19	P ₄₀ K ₃₀	0,48	0,45	0,38	0,21	P ₄₀ K ₃₀	0,42	0,4	0,34	0,17
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	0,42	0,41	0,3	0,18	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	0,49	0,5	0,39	0,23	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	0,45	0,46	0,35	0,19
Канадская	Контроль	0,33	0,31	0,26	0,17	Контроль	0,41	0,38	0,33	0,18	Контроль	0,36	0,34	0,29	0,14
	P ₄₀ K ₃₀	0,4	0,37	0,29	0,17	P ₄₀ K ₃₀	0,45	0,44	0,36	0,19	P ₄₀ K ₃₀	0,41	0,4	0,32	0,15
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	0,41	0,39	0,27	0,16	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	0,47	0,46	0,34	0,21	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	0,43	0,42	0,3	0,17

Приложение 25 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях сортов чечевицы, 2014–2016гг.

Сорт	2014					2015					2016				
	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость	Доза удобрений	Всходы	Ветвление	Цветение	Полная спелость
Веховская	Контроль	3,08	2,14	1,14	0,52	Контроль	3,12	2,27	1,24	0,55	Контроль	3,1	2,24	1,2	0,51
	P ₄₀ K ₃₀	3,48	2,28	1,24	0,47	P ₄₀ K ₃₀	3,52	2,4	1,32	0,58	P ₄₀ K ₃₀	3,5	2,33	1,27	0,53
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	3,31	2,27	1,19	0,4	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	3,43	2,37	1,3	0,56	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	3,38	2,3	1,24	0,5
Канадская	Контроль	3,1	2,19	1,15	0,48	Контроль	3,14	2,3	1,25	0,56	Контроль	3,12	2,25	1,21	0,52
	P ₄₀ K ₃₀	3,46	2,38	1,3	0,5	P ₄₀ K ₃₀	3,53	2,44	1,31	0,59	P ₄₀ K ₃₀	3,49	2,39	1,29	0,54
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	3,29	2,13	1,22	0,52	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	3,4	2,31	1,31	0,56	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	3,33	2,27	1,27	0,51

Приложение 26 – Влияние доз минеральных удобрений на формирование параметров структуры урожая сортов чечевицы, 2014–2016 гг.

Сорт	Вариант опыта	Количество растений, шт/кв.м.	Высота растений, см	Высота прикрепления нижнего боба, см.	Количество бобов на 1 растении	Количество зерен в бобе, шт.	Масса зерен с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га
2014									
Веховская	Контроль	89	47	12	19,27	1,2	1,48	64	1,32
	P ₄₀ K ₃₀	92	48	12	25,54	1,2	2,05	66,9	1,89
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	97	50	14	21,68	1,4	2,10	69,2	2,04
Канадская	Контроль	67	46	9	37,09	1,5	1,48	26,6	0,99
	P ₄₀ K ₃₀	71	47	10	36,98	1,6	1,71	28,9	1,21
	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	74	47	11	41,38	1,8	2,13	28,6	1,58
2015									
Веховская	Контроль	96	48	12	21,12	1,2	1,65	65,1	1,58
	P ₄₀ K ₃₀	99	49	13	22,89	1,4	2,15	67,1	2,13
	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	104	51	14	20,78	1,5	2,16	69,3	2,25
Канадская	Контроль	75	48	10	36,44	1,7	1,66	26,8	1,25
	P ₄₀ K ₃₀	86	48	11	34,60	1,7	1,70	28,9	1,46
	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	87	50	13	41,30	1,9	2,26	28,8	1,97
2016									
Веховская	Контроль	99	50	13	19,14	1,3	1,65	66,3	1,63
	P ₄₀ K ₃₀	103	51	13	23,07	1,4	2,18	67,5	2,25
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	108	51	14	22,70	1,5	2,37	69,6	2,56
Канадская	Контроль	78	48	11	37,99	1,7	1,75	27,1	1,37
	P ₄₀ K ₃₀	94	48	11	42,00	1,8	2,20	29,1	2,07
	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	80	52	13	44,49	1,9	2,46	29,1	1,97

Приложение 27 – Влияние минеральных удобрений на урожайность (т/га) сортов чечевицы, 2014 г.

Сорт, А	Доза удобрений, В			Среднее по А
	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₈ P ₄₂ K ₂₁	
Веховская	1,21	1,80	1,98	1,66
Канадская	0,92	1,16	1,48	1,19
Среднее по В	1,07	1,48	1,73	

Приложение 28 – Влияние минеральных удобрений на урожайность (т/га) сортов чечевицы, 2015 г.

Сорт, А	Доза удобрений, В			Среднее по А
	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₂ P ₄₈ K ₁₄	
Веховская	1,52	2,03	2,11	1,89
Канадская	1,17	1,39	1,92	1,49
Среднее по В	1,35	1,71	2,02	

Приложение 29 – Влияние минеральных удобрений на урожайность (т/га) сортов чечевицы, 2016 г.

Сорт, А	Доза удобрений, В			Среднее по А
	Контроль	P ₄₀ K ₃₀	N ₂₅ P ₄₅ K ₁₉	
Веховская	1,57	2,11	2,43	2,04
Канадская	1,27	1,95	1,91	1,71
Среднее по В	1,42	2,03	2,17	