

На правах рукописи

Галда Дмитрий Евгеньевич

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

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2018

Работа выполнена на кафедре агрохимии и физиологии растений
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: **Есаулко Александр Николаевич**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Онищенко Людмила Михайловна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени И. Т. Трубилина»,
профессор кафедры агрохимии

Пимонов Константин Игоревич
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный
университет», заведующий кафедрой растениеводства
и садоводства

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский государственный
аграрный университет имени Н. И. Вавилова»**

Защита состоится «_____» _____ 2018 г. в _____ часов на
заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставрополь-
ский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь,
пер. Зоотехнический, 12, ауд. _____.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО
«Ставропольский государственный аграрный университет» <http://www.stgau.ru>
и официальном сайте Высшей аттестационной комиссии РФ –
<http://www.vak.ed.gov.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Фаизова В. И.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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.

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. В настоящее время отсутствуют рекомендации по возделыванию чечевицы с применением различных доз минеральных удобрений в условиях Ставропольской возвышенности.

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; Бугаев Г. И., Пимонов К. И., 2011; Самаров В. М., Тарасенко А. И., 2015; Дмитриева Е. А., 2014; Канукова К. Р., 2016, Васин В. Г. и др. 2017; 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).

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

Личный вклад автора. Автором определены: направления работы, цели и задачи, сформированы и реализованы пути их решения, обобщены материалы полученные в процессе проведения исследований, предложены и представлены основные положения, на основе которых сформулированы заключение и предложения производству.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

Исследования полевого опыта проводились в период 2014–2016 гг. на территории опытной станции 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°.

Почвы опытного участка представлены черноземом выщелоченным, мощным, среднегумусным, тяжелосуглинистым. В момент закладки почва опытного участка характеризовалась средними агрохимическими показателями – содержание органического вещества (5,3–5,5 %), подвижных форм фосфора (24–28 мг/кг), обменного калия (240–290 мг/кг), нитрификационной способности (16–30 мг/кг). Реакция почвенного раствора в пахотном слое почвы была нейтральна и находилась на уровне 6,1–6,5 ед. рН.

Согласно схеме агроклиматического районирования, землепользование опытной станции СтГАУ по условиям влагообеспеченности относится к зоне неустойчивого увлажнения. Среднегодовое количество осадков – 551 мм, сумма активных температур в районе опытного участка находится в пределах 2800–3200 °С, ГТК при этом составляет 1,1–1,3.

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. Среднегодовой показатель температуры в сравнении с многолетним значением был выше на 0,6 °С, а количество осадков – на 92 мм.

Объектом исследования являлись сорта чечевицы Веховская и Канадская.

Предметом исследования выступили дозы минеральных удобрений и их влияние на урожайность сортов чечевицы.

Исследования проводились на двухфакторном опыте, заложенном в четырехкратной повторности с двухъярусным размещением делянок. Размещение повторностей – сплошное, вариантов – по методу расщепленной делянки. По фактору **А** изучались 2 сорта – А₀ (Веховская), А₁ (Канадская). По фактору **В** изучались удобрения: 0 – без удобрений, 1 – рекомендованная доза удобрений по В. Г. Минееву, 2 – расчетная доза по методике В. В. Агеева (2005) и А. Н. Есаулко (2006). Были использованы следующие удобрения: аммиачная селитра, аммофос, суперфосфат, калий хлористый. Удобрения вносились до посева под ранневесеннюю вспашку.

Нормы, соотношения и расчетные дозы минеральных удобрений устанавливались по результатам почвенных анализов в соответствии с уровнем планируемой урожайности и ежегодно уточнялись. Площадь опытной делянки составила 45 м², учетная площадь – 30 м².

В процессе исследования проводились следующие наблюдения, учеты и анализы. В почвенных образцах определяли продуктивную влагу – весовым методом по Б. А. Доспехову; 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.

Во время вегетации растений чечевицы осуществляли: определение фенологии, густоты стояния растений, динамики линейного роста, накопления сухой биомассы, структуры урожайности по методике Госсортоиспытания (1991); определение содержания в растениях азота, фосфора и калия по В. Г. Минееву (2004 г.); 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), жир (ГОСТ 29033–91), масса 1000 семян (ГОСТ 10842–76); математическую обработку экспериментальных данных (Доспехов Б. А., 1985).

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

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.

3.1. Динамика продуктивной влаги

Применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на

содержание продуктивной влаги в почве (таблица 1). Так, по сравнению с контролем на варианте с рекомендованной дозой минеральных удобрений количество влаги достоверно снизилось на 1,1 мм, а на варианте с расчетной дозой разница составила 2 мм. Количество продуктивной влаги на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений оказалось значительно ниже (на 0,9 мм) в сравнении с вариантом с рекомендованной дозой.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги почвы (мм) в посевах чечевицы, сорт Веховская (ср. 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	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	

С увеличением глубины изучаемого слоя почвы увеличивалось содержание влаги. 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 мм и слое 20–30 см – на 16,2 мм. Это обусловлено снижением интенсивности испарения влаги с увеличением глубины слоя почвы и распределением корневой системы. Значительное снижение влагозапаса в процессе роста и развития растений чечевицы наблюдалось в периоды: всходов – ветвления (–2,3 мм), ветвления – цветения (–2,4 мм), цветения – полной спелости (–1,9 мм). Данная динамика объясняется не только повышением потребления влаги растениями в процессе роста и развития, но и снижением количества атмосферных осадков.

3.2. Динамика реакции почвенной среды

Среднее значение показателей реакции почвенного раствора по вариантам опыта оказалось практически одинаковым: на контроле и расчетной дозе удобрений – 6,36 ед., на варианте с рекомендованной дозой – ниже на 0,03 ед., что в пределах ошибки опыта (таблица 2).

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 единицы, которое находилось на данном уровне оставшийся период вегетации.

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–30 см слое почвы (ср. за 2014–2016 гг.)

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	

3.3. Динамика содержания аммонийного азота

С увеличением глубины изучаемого слоя существенно снижается концентрация NH₄ в почве. Так, в слое 0–10 см среднее содержание аммонийного азота составило 35,7, в слое 10–20 см оно снизилось на 5,2, а в слое 20–30 см – на 6,7 мг/кг. Отмечено достоверное снижение NH₄ в период вегетации от фазы всходов до ветвления на 5,5, от фазы ветвления до цветения – на 4,8, от фазы цветения до полной спелости – на 7,9 мг/кг почвы (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг) почвы в 0–30 см слое чернозема выщелоченного сорт Веховская (ср. за 2014–2016 гг.)

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
P ₄₀ K 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	

Изучаемые дозы минеральных удобрений не оказали достоверного влияния на содержание аммонийного азота в слое 0–30 см чернозема выщелоченного. Сорт чечевицы Канадская обеспечил значительное увеличение содержания NH₄ почвы по сравнению с показателями сорта Веховская. Отмечается четкая дифференциация по содержанию NH₄ между слоями почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см. На вариантах с внесением P₄₀K₃₀ на протяжении вегетации растений чечевицы установлено существенное снижение содержания NH₄ в слое почвы 10–20 см относительно значений контрольного варианта.

Зависимость урожайности чечевицы от содержания аммонийного азота в почве 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_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.

Приведенное уравнение зависимости урожайности от послойного содержания аммонийного азота позволило установить слои преимущественного поглощения аммонийного азота растениями чечевицы.

3.4. Динамика содержания нитратного азота

В таблице 5 представлено 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 мг/кг, доза $\text{N}_{25}\text{P}_{45}\text{K}_{18}$ – на 3,23 мг/кг почвы, что достоверно. Нами фиксируется увеличение содержания NO_3 на 2,28 мг/кг почвы на расчетной дозе удобрений по сравнению с рекомендованной.

Таблица 5 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в 0–30 см слое почвы, сорт Веховская (ср. за 2014–2016 гг.)

Доза удобрений, А	Слой почвы (см), В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 1,00	В, НСР 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, НСР ₀₅ = 0,56		24,68	20,32	19,33	15,30	НСР ₀₅ = 2,35	

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

Анализ содержания нитратного азота в слоях почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см позволил установить, что направленность динамики NO_3 в течение вегетации чечевицы имела единый ход и определялась фазой развития культуры, глубиной изучаемого слоя и условиями увлажнения.

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_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_8 – в слое почвы 10–20 см в фазу цветения.

3.5. Динамика содержания подвижного фосфора

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 $P_{40}K_{30}$ и на 1,4 мг/кг с применением $N_{25}P_{45}K_{18}$. На всех вариантах опыта отмечалось неуклонное снижение содержания подвижного фосфора в почве на протяжении вегетации сортов чечевицы (таблица 6).
Таблица 6 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–30 см слое чернозема выщелоченного (ср. 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	

Изучаемые дозы минеральных удобрений оказали положительное влияние на содержание P_2O_5 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.

На примере сорта Веховская (таблица 7) представлено изменение содержания подвижных форм фосфора в различных слоях 0–30 см профиля чернозема выщелоченного. Отмечено достоверное повышение 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.

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 изучаемого слоя. Существенное снижение содержания доступного фосфора отмечалось до фазы цветения, и разница с первоначальным показателем составила 5 мг/кг почвы.

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 зависела от доз внесения минеральных удобрений.

Таблица 7 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–30 см слое чернозема выщелоченного, сорт Веховская (ср. 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
P ₄₀ K 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	

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_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.

Составленное уравнение 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 слоях почвы в фазу всходов и во всех слоях почвы в фазу ветвления. Содержание фосфора в начале вегетации чечевицы оказывало определяющее влияние на урожайность культуры.

3.6. Динамика содержания обменного калия

Сорта чечевицы не оказали существенного влияния на содержание обменного калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного, в связи с чем представлены данные, полученные на вариантах сорта Веховская. Развитие растений зависит от обеспеченности определенных слоев чернозема выщелоченного доступными формами калия (таблица 8).

Доза удобрений N₂₅P₄₅K₁₈ не оказала достоверного влияния на показатель. Увеличение содержания K₂O в почве произошло в результате применения дозы K₃₀.

Среднее содержание подвижного калия по всем вариантам опыта снижалось с увеличением глубины изучаемого слоя почвы. 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.

Таблица 8 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в слое почвы 0–30 см, сорт Веховская (ср. 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	

Урожайности культуры имеет весьма высокую корреляционную зависимость от послойного содержания калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного 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_2 – в слое почвы 10–20 см в фазу всходов, x_5 – в слое почвы 10–20 см в фазу ветвления, x_8 – в слое почвы 10–20 см в фазу цветения, x_{10} – в слое почвы 0–10 см в фазу полной спелости.

Данное уравнение позволило установить 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 см слое почвы в фазу полной спелости.

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

4.1. Динамика густоты стояния растений

Применение минеральных удобрений относительно контроля достоверно увеличило густоту растений сорта Веховская (рисунок 1): 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 ветвление-цветение – на 28, в период цветения – полной спелости – 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 2) была отмечена максимальная густота стояния растений в фазы всходов (180 шт/м²) и ветвления (154 шт/м²), это 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 несущественной. У сорта Веховская гус-

тота стояния растений на удобренных делянках существенно превышала контроль только в фазу ветвления, в прочие фазы разница была незначительна. Минимальный показатель, 73 шт/м², густоты стояния зафиксирован у сорта Канадская на фоне без удобрений.

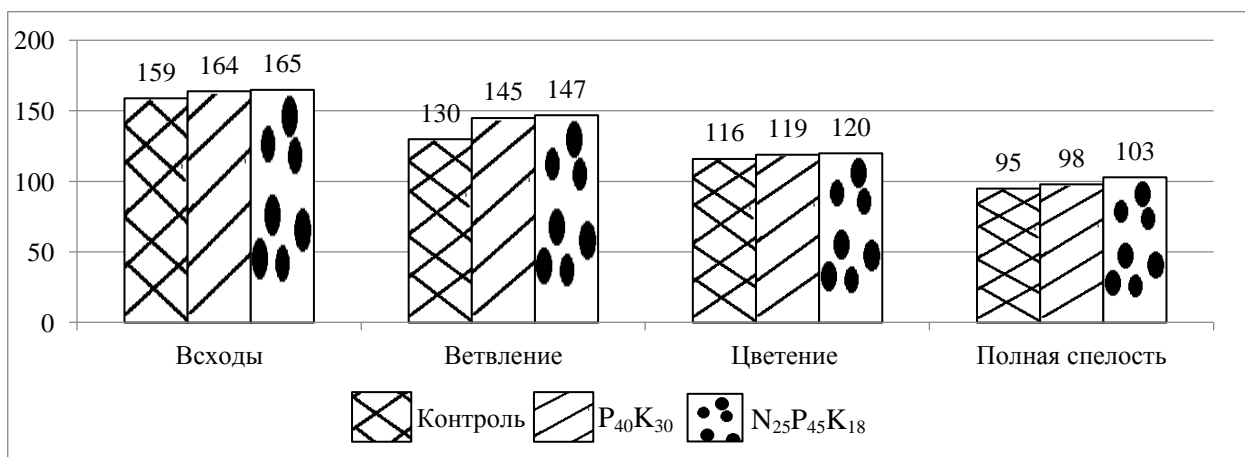


Рисунок 1 – Динамика густоты стояния растений чечевицы сорта Веховская (шт/м²) в связи с применением минеральных удобрений (ср. 2014–2016 гг.)

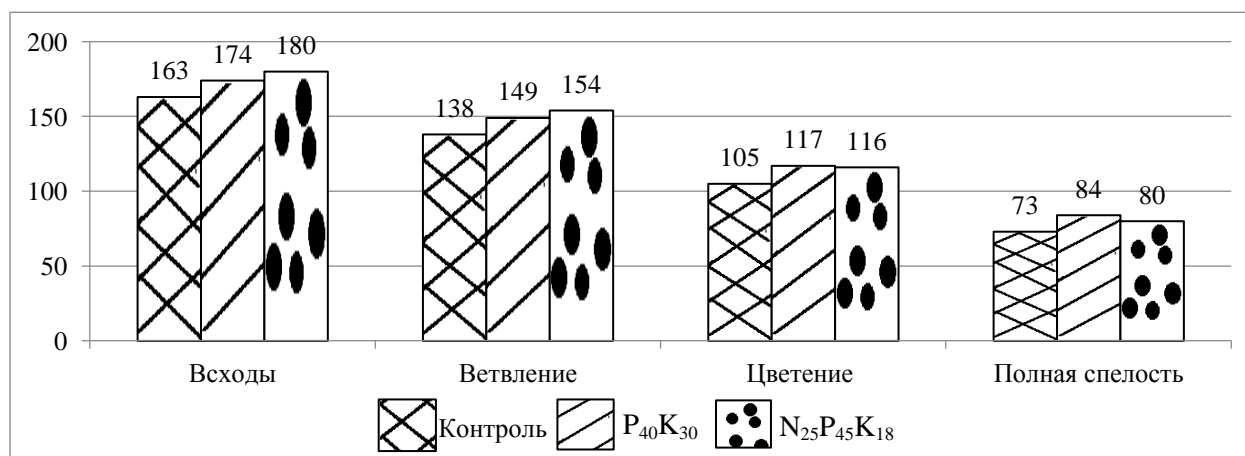


Рисунок 2 – Динамика густоты стояния растений чечевицы сорта Канадская (шт/м²) в связи с применением минеральных удобрений (ср. 2014–2016 гг.)

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); густота растений (шт/м²): x_1 – в фазу всходов, x_2 – в фазу ветвления, x_3 – в фазу цветения, x_4 – в фазу полной спелости.

Полученное уравнение регрессии свидетельствует о том, что густота стояния растений в фазы цветения и полной спелости оказывала определяющее влияние на продуктивность сортов чечевицы.

4.2. Динамика накопления сухой биомассы

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 в фазу цветения была существенно выше на удобренных вариантах, и разница с контролем составила 1,15 на $P_{40}K_{30}$ и 1,3 т/га на $N_{25}P_{45}K_{18}$. У сорта Канадская наблюдается аналогичная тенденция, разница с контролем на рекомендованной дозе составила 0,59, 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.

4.3. Динамика элементов питания в растениях чечевицы

4.3.1. Содержание азота

Математическая обработка данных, приведенных в таблице 9, показала, что содержание азота в растениях чечевицы сорта Канадская было незначительно выше в сравнении с сортом Веховская.

Таблица 9 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов чечевицы (ср. 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	

По сравнению с контролем достоверно повысилась концентрация 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 $P_{40}K_{30}$. На протяжении всего периода вегетации наблюдается достоверное снижение содержания азота в растениях. Так, в межфазный период всходов – ветвления снижение составило 1,24, в период ветвления – цветения 0,46, цветения – полной спелости 1,32 %.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{25}P_{45}K_{18}$ в сравнении с контролем и рекомендованной дозой привело к достоверному повышению кон-

центрации азота в растениях в фазу всходов на 0,4–0,27 и 0,38–0,28 % для сортов Веховская и Канадская соответственно.

4.3.2. Содержание фосфора

Математическая обработка полученных данных, приведенная в таблице 10, показала, что сорта чечевицы не оказали существенного влияния на содержание фосфора в растениях. Так, в растениях чечевицы сорта Веховская содержание фосфора было на 0,02 % выше по сравнению с сортом Канадская.

Таблица 10 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях сортов чечевицы (ср. 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	

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 %. Отрицательная динамика содержания фосфора наблюдалась на протяжении всего периода вегетации растений: в период всходов – ветвления на 0,02, в период ветвления – цветения – 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.

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 %.

4.3.3. Содержание калия

На содержание калия в растениях сорта чечевицы достоверного влияния не оказали. 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. Содержание изучаемого элемента в растениях чечевицы на фоне рекомендованной дозы удобрений было значительно выше в сравнении с расчетной дозой на 0,06 %. Достоверное снижение концентрации калия отмечено на протяжении всего периода вегетации культуры составило в межфазный период всходов – ветвления 1,09, ветвления – цветения 1,04, цветения – полной спелости 0,73 % (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях сортов чечевицы (ср. 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	

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

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. Количество сформированных клубеньков на варианте с применением удобрений в дозе P₄₀K₃₀ было достоверно выше контроля на 3,6 шт. и варианта с расчетной дозой удобрений – на 1,2 шт. и достигало 20,7 и 26,3 шт/раст. в фазу цветения. Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что применение минеральных удобрений оказало достоверное влияние на количество сформированных клубеньков на корнях растений чечевицы.

Отмечено достоверное влияние фазы развития культуры на количество клубеньков на одном растении. Наблюдается тенденция увеличения количества клубеньков от фазы всходов к фазе цветения со значительным снижением в фазу полной спелости.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, 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

Количество растений, сохранившихся к уборке, у сорта Веховская было выше по сравнению с сортом Канадская, и разница составила: контроль – 21, P₄₀K₃₀ – 14, N₂₅P₄₅K₁₈ – 23. Внесение минеральных удобрений увеличивало густо-

ту стояния растений чечевицы по сравнению с контролем у сорта Веховская на 3–8, а у сорта Канадская на 7–10 в зависимости от фона питания растений.

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 $N_{25}P_{45}K_{18}$ повысило количество бобов на одном растении у сорта Веховская на 2–4, у сорта Канадская на 1–5 шт. 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: у сорта Веховская на 0,53–0,62, у сорта Канадская – на 0,24–0,65 г.

В связи с тем, что семена чечевицы сорта Веховская по сравнению с сортом Канадская крупнее, масса 1000 семян имела существенную разницу, которая составляла: на контроле – 38,3, на рекомендованной дозе – 38,2, на расчетной дозе – 40,5 г. Минеральные удобрения оказали достоверное влияние на прибавку массы 1000 семян. Так, у сорта Веховская по сравнению с контролем максимальную прибавку показателя обеспечила расчетная доза минеральных удобрений – 4,23, рекомендованная доза – 2,03 г.

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.

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.

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/кв. м, 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.

5.2. Урожайность семян

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 дозе ($P_{40}K_{30}$) – 0,19–0,64, на расчетной ($N_{25}P_{45}K_{18}$) – 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 чече-

вицы, прирост которой по сравнению с контролем составил: у сорта Веховская в 2014 году – 0,77, в 2015 – 0,59, в 2016 – 0,86 т/га; у сорта Канадская в 2014 году – 0,56, в 2015 – 0,75, в 2016 – 0,64 т/га.

Дисперсионный анализ данных, приведенных в таблице 12, показал, что в среднем по опыту урожайность сорта Веховская была достоверно выше по сравнению с урожайностью сорта 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 – 0,68 т/га. Расчетная доза минеральных удобрений позволила получить максимальный урожай культуры, достоверно (0,22 т/га) превышающий показатели рекомендованной дозы.

Таблица 12 – Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов чечевицы (т/га) (ср. 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 урожайности 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.

5.3. Качество семян

Дисперсионный анализ данных, представленных в таблице 13, 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 значения НСР₀₅ А = 0,65. В сравнении с контролем применение минеральных удобрений достоверно повысило среднее содержание белка в семенах чечевицы – на 0,89 (доза Р₄₀К₃₀) и 1,06 % (доза Н₂₅Р₄₅К₁₈).

Таблица 13 – Влияние минеральных удобрений на содержание белка (%) в семенах чечевицы (ср. за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В			А, НСР ₀₅ = 0,65
	Контроль	Р ₄₀ К ₃₀	Н ₂₅ Р ₄₅ К 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, с расчетной дозой – на 0,97–1,15 % для сортов Веховская и Канадская соответственно.

Анализ данных, приведенных в таблице 14, позволил установить, что содержание жира в семенах чечевицы сорта Веховская значительно выше по сравнению с его содержанием в семенах чечевицы сорта Канадская и разница составила – 0,12 %.

Таблица 14 – Влияние минеральных удобрений на содержание жира (%) в семенах чечевицы (ср. за 2014–2016 гг.)

Сорт, А	Доза удобрений, В			А, НСР ₀₅ = 0,04
	Контроль	Р ₄₀ К ₃₀	Н ₂₅ Р ₄₅ К 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

По сравнению с контролем внесение рекомендованной дозы удобрений привело к повышению содержания жира на 0,10 %, а внесение расчетной дозы не значительно 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 этим же показателем у сорта Канадская.

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

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.

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 26–33 и 27–33 %, прибыль на 1 га на 6–63 и 52–110 %. Благодаря полученной прибавке урожая снижались затраты труда на 1 т урожая на 1,53–1,88 и 1,66–2,48 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.

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 $\text{N}_{25}\text{P}_{45}\text{K}_{18}$. Погодные условия оказали существенное влияние на урожайность и качество семян чечевицы, и в оптимальном по увлажнению 2016 году была получена максимальная урожайность культуры. Установле-

но, 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 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. 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.
2. 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.
3. 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.

Публикации в других изданиях:

4. Галда, Д. Е. Влияние минеральных удобрений на продуктивность тарелочной чечевицы в условиях Ставропольского края / Д. Е. Галда // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохоз-

- ственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе: 78-я научно-практическая конференция. – Ставрополь : Параграф, 2014. – С. 47–49.
5. 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.
 6. Есаулко, А. Н. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на урожайность сортов чечевицы в условиях Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, С. А. Коростылев, Т. С. Айсанов, Д. Е. Галда // «Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России» Второй Международный форум. – Омск, 2018. – С. 49–52.

Подписано в печать 25.10.2018. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ №351.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИПК СтГАУ «Агрус»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15