

На правах рукописи

ВОСКОБОЙНИКОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И СОЧЕТАНИЙ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ
УРОЖАЯ ЗЕРНА ЗИМУЮЩЕГО ГОРОХА НА ЧЕРНОЗЕМЕ
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ В ЗОНЕ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2013

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

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

Официальные оппоненты: **Агафонов Евгений Васильевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
заведующий кафедрой агрохимии,
почвоведения и защиты растений
ФГБОУ ВПО «Донской государственный
аграрный университет»

Ханиева Ирина Мироновна,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры агрономии
ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский
государственный аграрный
университет им. В.М. Кокова»

Ведущая организация: **Государственное научное учреждение**
«Ставропольский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства» РАСХН

Защита состоится 19 декабря 2013 г. в 13.30 часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. 4, тел/факс (8652) 34-58-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Автореферат размещён на официальном сайте ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» www.stgau.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук

А. П. Шутко

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Главной проблемой при возделывании культуры гороха, которая в большей степени является её биологической особенностью, состоит в том, что рассматриваемая зернобобовая культура не выдерживает очень высоких температур и у неё повышены требования к продуктивной влаге на образование единицы продукции.

В последние 15 лет в связи с изменением погодных условий приобрели определенную значимость исследования по изучению технологии возделывания современных сортов зимующего гороха, которые вызывают у сельхозпроизводителей определенный интерес.

Достигнутый уровень урожайности культуры в Ставропольском крае далеко не исчерпывает потенциальных возможностей районированных сортов в регионе. В то же время создание оптимальных условий для питания зимующего гороха является одним из факторов мобилизации продуктивности культуры. Практически не изучено влияние минеральных удобрений на продуктивность культуры при ее возделывании в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольской возвышенности. Как следствие – отсутствуют научные данные по практическому применению минеральных удобрений под зимующий горох применительно к условиям Ставропольского края.

Цели и задачи исследований. Цель исследований заключалась в изучении влияния видов и сочетания минеральных удобрений на урожайность зерна зимующего гороха на черноземе выщелоченном. Для достижения поставленной цели необходимо было решение следующих задач:

- изучить влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей чернозёма выщелоченного;
- установить влияние изучаемых фонов питания на рост и развитие растений;
- определить продуктивность и биохимический состав зерна зимующего гороха в зависимости от изучаемых приемов;
- дать экономическую оценку эффективности возделывания культуры в связи с применением видов и сочетаний минеральных удобрений.

Научная новизна. Впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено влияние различных видов и сочетаний минеральных удобрений на агрохимические показатели почвенного плодородия и продуктивность зимующего гороха. Экономически обосновано производство зерна зимующего гороха в зависимости от влияния видов и сочетания минеральных удобрений в зоне неустойчивого увлажнения.

Достоверность полученных результатов подтверждается большим количеством наблюдений и учетов в лабораторных и полевых опытах, критериями статистической обработки результатов исследований и положительными результатами при внедрении.

Основные положения, выносимые на защиту:

- внесение видов и сочетаний минеральных удобрений изменяет содержание в 0–20 см слое почвы минерального азота, подвижного фосфора

- и обменного калия, но не влияет на динамику направленности процесса в течение вегетации зимующего гороха;
- динамика содержания макроэлементов в растениях зимующего гороха изменяется в зависимости от фазы развития культуры, условий увлажнения и обеспеченности элементами питания;
 - погодные условия и уровень минерального питания предопределяют продуктивность культуры и влекут за собой изменение структурных и качественных показателей зимующего гороха;
 - экономическая эффективность применения минеральных удобрений под зимующий горох зависит от их видов, сочетаний и уровня продуктивности культуры.

Практическая значимость. Получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать производству внесение видов и сочетаний минеральных удобрений под зимующий горох на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения. Определено оптимальное сочетание видов минеральных удобрений, вносимых до посева, обеспечивающее максимальную агротехническую и экономическую эффективность.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в ЗАО «Красная Заря», в условиях СПК КООПХОЗ «ПРОГРЕСС» Новоалександровского района и ООО «Раздолье». Рекомендованные сочетания минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$) используются в технологии возделывания зимующего гороха в хозяйствах.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2011–2012 гг.) и научной конференции Донского ГАУ (2011 г.).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, включает 12 таблиц, 10 рисунков, 52 приложения. Список использованной литературы включает 119 источников, из них 16 – зарубежных авторов.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

Полевые опыты проводились в период с 2009 по 2012 г. на территории опытной сельскохозяйственной станции ФГБОУ ВПО Ставропольского государственного аграрного университета. Опытный участок располагается в пределах Ставропольской возвышенности, на высоте 500–550 м над уровнем моря. Рельеф территории – слабоволнистая равнина, мезорельеф – северный пологий склон с крутизной около 1°.

Почва места проведения исследований – чернозем выщелоченный, мощный, малогумусный тяжелосуглинистый. Почвообразующие породы представлены бурыми тяжелыми карбонатными элюво-делювиальными суглинками и глинами, а подстилающие породы – сарматскими отложениями, которые вместе, как следствие, преопределили тяжелосуглинистый пылевато-иловатый механический состав почвенного покрова.

В момент закладки опытов почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями – средней обеспеченностью органическим веществом 5,1–5,4 %; а обеспеченность почвы подвижными формами макроэлементов соответствовала группировкам со средней обеспеченностью N-NO₃ – 16-30; P₂O₅ – 20–25 и K₂O – 220–270 мг/кг почвы (по Мачигину). По степени кислотности реакция почвенного раствора в пахотном горизонте почвы нейтральная, pH находится в пределах 6,1–6,5 ед.

Климат в районе расположения территории опытной станции умеренно сухой, характеризующийся, по многолетним наблюдениям, продолжительным жарким летом и теплой осенью, довольно мягкой зимой и весной с неустойчивым температурным режимом. Среднегодовая температура воздуха – 9,2 °С. По многолетним данным, в зоне проведения опытов в год выпадает от 550 до 650 мм осадков, сумма эффективных температур за период активной вегетации колеблется от 3000 до 3200 °С, гидротермический коэффициент находится в пределах 1,1–1,3.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными, отмечалось неравномерное распределение осадков во время вегетации культуры на фоне повышенного температурного режима. Наиболее благоприятные агрометеорологические условия сложились в 2010/11 сельскохозяйственном году, которые можно охарактеризовать продолжительным периодом осенней вегетации с умеренно-прохладной зимой, влажной и тёплой весной и оптимальными условиями в период созревания урожая. При этом по условиям увлажнения данный год характеризуется дефицитом осадков на уровне 8 % и наибольшими значениями среднегодовой температуры – 10,6 °С, превышающими норму на 1,4 °С.

В 2009/10 году выпала многолетняя норма осадков, но их распределение по фазам вегетации было неравномерным, что отрицательно сказалось на росте и развитии культуры, особенно в начальный период вегетации. Температурный фон характеризовался резкими перепадами, в целом среднегодовая температура превысила многолетние показатели на 1,3 °С.

Агрометеорологические условия 2011/12 года для роста и развития зимующего гороха характеризовались как неудовлетворительные, что связано с низкими температурами в зимний период, острым дефицитом влаги в весенний период и повышенным температурным режимом в конце вегетации. Это не позволило растениям реализовать в полной мере заложенный потенциал культуры.

Объект исследований – сорт зимующего гороха Краснодарской селекции Фазтон, включенный в Госреестр по Северо-Кавказскому региону.

Предмет исследований – отзывчивость сорта зимующего гороха Фазтон на виды и сочетания минеральных удобрений. Опыт однофакторный, относительно контроля (без удобрений) изучались виды и сочетания минеральных удобрений,

заложенных по схеме Жорж-Вилля: N_{60} , P_{60} , K_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Исследования проводились по полной факториальной восьмерной схеме, повторность – 4-кратная, размещение делянок – многоярусное, повторение – сплошное, вариантов – по методу латинского прямоугольника.

Ширина делянки – 3,6 м, длина делянки – 10 м. Общая площадь делянки – 36 м², учётная – 22 м². Ширина защитных полос – 0,4 м. Предшественником в годы проведения опытов была озимая пшеница. В качестве допосевого удобрения в опыте использовались: аммиачная селитра, суперфосфат простой, калий хлористый.

В опытах проводились следующие наблюдения, учеты и анализы. В почвенных образцах определяли влажность почвы – весовым методом (Б. А. Доспехов (1987)); подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205–91); нитратный азот – с помощью ионоселективного электрода (ГОСТ 26951–86); аммиачный азот колориметрированием с реактивом Несслера (ГОСТ 26489–91); pH в водной суспензии (ГОСТ 26423–85); подвижные формы цинка и меди по Крупскому и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ 50686–94; 50685–94; 50683–94).

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения, учет густоты стояния растений, накопления сухой биомассы, анализ структуры урожая по методике Госсортоиспытания (1991). В растительных образцах определяли содержание азота, фосфора и калия в одной навеске (Минеев В. Г., 2001); проводили учет величины симбиотического аппарата в посевах гороха (Васильев И. П., 2005); анализ качества зерна гороха: белок (ГОСТ 10846–86), определение массы 1000 зерен (ГОСТ 10842–76); учет урожая методом прямого комбайнирования с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике ГСИ (1991); расчет экономической эффективности разрабатываемых приемов по методике, предложенной кафедрой предпринимательства СтГАУ; статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась дисперсионным методом (Доспехов Б. А., 1985).

Отбор растительных и почвенных проб и их анализ были приурочены к основным фазам развития культуры: перед посевом, всходы, стеблевание, цветение, полная спелость.

3. ВЛИЯНИЕ ВИДОВ И СОЧЕТАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

В данном разделе представлены материалы полевых опытов, лабораторных исследований и элементы статистической обработки данных, полученных в ходе исследований в период с 2009 по 2012 г.

3.1. Динамика продуктивной влаги

Трёхлетние исследования по возделыванию зимующего гороха на чернозёме выщелоченном показали, что внесение удобрений оказало определенное влия-

ние на содержание в почве доступной влаги. В среднем по опыту изучаемые минеральные удобрения снижали содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см относительно контроля на 0,3–2,9 мм (таблица 1). При этом только на вариантах с внесением $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ наблюдалось существенное снижение рассматриваемого показателя относительно контроля на 2,4–2,9 мм.

Таблица 1 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2012 гг.

Удобрение, А	Срок отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,8
	До посева	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	34,5	25,9	22,1	15,9	24,6
N_{60}	34,2	23,6	21,0	14,5	23,2
P_{60}	34,4	23,1	19,2	15,3	23,0
K_{60}	34,4	25,4	22,0	15,5	24,3
$N_{60}P_{60}$	34,1	23,0	17,0	14,6	22,2
$N_{60}K_{60}$	34,5	24,1	21,4	15,7	23,9
$P_{60}K_{60}$	34,4	23,7	18,9	14,8	23,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	34,0	22,3	16,7	13,8	21,7
В, НСР ₀₅ = 1,6	34,3	23,9	19,8	15,0	НСР ₀₅ = 3,5

В среднем по опыту максимальное содержание доступной влаги отмечалось перед севом культуры – 34,3 мм, затем шло достоверное снижение к фазам стеблевания (23,9 мм) и цветения (19,8 мм) с достижением минимальных значений к наступлению полной спелости культуры (15,0 мм).

Во все сроки наблюдений удобрения снижали количество продуктивной влаги относительно контроля, и разница составляла перед посевом – 0,1–0,5; в фазу стеблевания – 0,5–3,6; в фазу цветения 0,1–5,4; в фазу полной спелости – 0,2–2,1 мм соответственно. При этом в фазу стеблевания только варианты с дозой полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ достоверно снижали доступную влагу по сравнению с контролем. В фазу же цветения дозы удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}$ существенно снижали влагозапас не только по сравнению с контролем (на 5,4 и 5,1 мм), но и относительно доз удобрений N_{60} – на 4,3 и 4,0 мм, K_{60} – на 5,3 и 5,0 мм, $N_{60}K_{60}$ – на 4,7 и 4,4 мм соответственно. В свою очередь разница по содержанию влаги между дозами удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}$ была в пределах НСР.

3.2. Реакция почвенного раствора

Анализ динамики реакции почвенного раствора под посевами зимующего гороха позволил нам установить, что до фазы стеблевания наблюдалось

существенное подкисление почвенного раствора от 6,31 до 6,12 ед. рН в среднем по вариантам опыта. Затем от фазы стеблевания до фазы цветения продолжалось незначительное подкисление почвы на 0,10 ед. рН. К фазе полной спелости отмечалось достоверное повышение показателя рН. Подщелачивание реакции почвенного раствора по сравнению с показателем в фазе цветения достигло 0,20 ед. и уровень рН соответствовал 6,22 ед. (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора в 0-20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2012 гг.

Удобрение, А	Срок отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,1
	До посева	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	6,33	6,12	6,01	6,22	6,17
N ₆₀	6,14	6,00	5,84	6,11	6,02
P ₆₀	6,42	6,21	6,02	6,30	6,24
K ₆₀	6,27	6,11	6,02	6,18	6,15
N ₆₀ P ₆₀	6,40	6,18	6,11	6,30	6,25
N ₆₀ K ₆₀	6,19	6,01	6,03	6,17	6,10
P ₆₀ K ₆₀	6,30	6,10	6,04	6,19	6,16
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,40	6,20	6,10	6,27	6,24
В, НСР ₀₅ = 0,10	6,31	6,12	6,02	6,22	НСР ₀₅ = 0,22

Снижение показателя реакции почвенного раствора наблюдалось по мере увеличения биомассы растений гороха. В эти фазы растения потребляли максимальное количество элементов питания, при этом насыщая почвенный раствор корневыми выделениями, которые в свою очередь способствовали сдвигу уровня рН в сторону подкисления.

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о том, что в среднем по опыту на вариантах с внесением P₆₀, N₆₀P₆₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ было отмечено достоверное подщелачивание реакции раствора. Существенное воздействие на показатель рН было отмечено на вариантах с внесением азота, где подкислительные реакции среды составило 0,15 ед. рН относительно контроля и было равно 6,02 ед. На остальных вариантах реакция почвенного раствора была на уровне естественного агрохимического фона.

Рассматриваемые виды и сочетания минеральных удобрений оказывали различное влияние на реакцию почвенного раствора чернозема выщелоченного. Наиболее значительное влияние на показатель рН во все фазы развития культуры оказало внесение N₆₀. Степень подкисления реакции среды относительно контроля на данном варианте составила: до посева – 0,19 ед., в фазу стеблевания – 0,12 ед., в фазу цветения – 0,17 ед., и в фазу полной спелости – 0,11 ед. рН. На остальных вариантах реакция почвенного раство-

ра изменялась незначительно и находилась на уровне естественного агрохимического фона.

3.3. Динамика минерального азота

Анализ трехлетних данных, приведенных на рисунке 1, позволил нам установить, что динамика минерального азота в почве имела общую зависимость на всех вариантах – его содержание существенно повышалось к фазе стеблевания, затем достоверно снижалось к фазе цветения с достижением минимальных значений к наступлению полной спелости культуры.

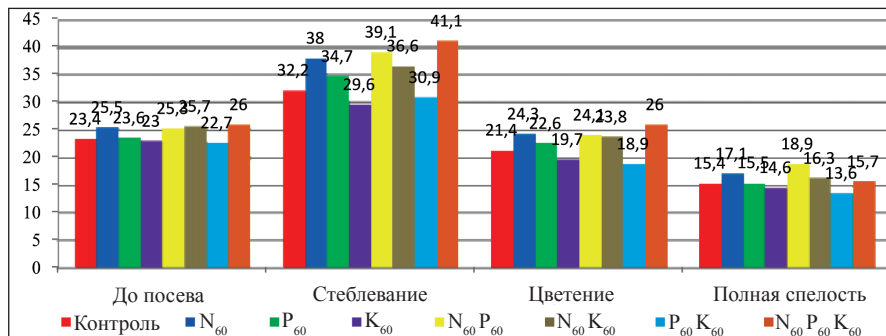


Рисунок 1 – Динамика содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в зависимости от видов и сочетания минеральных удобрений, 2009–2012 гг.

Данные дисперсионного анализа двухфакторного опыта показали, что изучаемые виды и сочетания минеральных удобрений оказали различное влияние на содержание минерального азота в почве под зимующим горохом. Установлено, что в среднем по фазам развития культуры относительно показателей естественного агрохимического фона достоверное увеличение содержания минерального азота 0–20 см слоя почвы наблюдалось на вариантах с односторонним внесением азота, а также в сочетании его с фосфорными и калийными удобрениями и при внесении полной дозы удобрений. На вариантах с применением N₆₀ прибавка относительно контроля составила 3,1 мг/кг почвы, на вариантах N₆₀P₆₀ и N₆₀K₆₀ увеличение составило 3,7 и 2,4 мг/кг соответственно, полная доза удобрения обеспечила достоверную прибавку 4,1 мг/кг почвы.

Изучаемые в опыте виды и сочетания минеральных удобрений оказали различное влияние на содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы. В фазе стеблевания достоверную прибавку обеспечивали варианты N₆₀, N₆₀P₆₀, N₆₀K₆₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ и разница с контролем находилась в пределах 4,4–8,9 мг/кг почвы. В фазе цветения достоверную прибавку (4,6 мг/кг почвы) обеспечивало внесение полной дозы удобрений. В фазу полной спелости культуры существенное увеличение содержания азота в почве было отмечено при использовании N₆₀P₆₀, что составило 3,5 мг/кг почвы. На остальных вариантах опыта

содержание минерального азота в почве находилось на уровне соответствующих показателей контроля либо несущественно ниже их.

3.4. Динамика подвижного фосфора

Данные, приведенные в таблице 3, показывают, что независимо от фона питания динамика подвижного фосфора в течение вегетации зимующего гороха имела единый ход: это неуклонное снижение его содержания с достижением минимальных значений от фазы стеблевания – 30,5 мг/кг, к полной спелости – 20,7 мг/кг.

Таблица 3 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2012 гг.

Удобрение, А	Срок отбора, В				А, НСП ₀₅ = 1,8
	Перед посевом	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	23,8	27,4	19,9	19,7	22,7
N ₆₀	24,2	25,3	17,8	16,3	20,9
P ₆₀	28,1	33,6	24,2	20,9	26,7
K ₆₀	23,3	28,9	21,3	19,9	23,4
N ₆₀ P ₆₀	27,8	34,2	24,5	23,6	27,5
N ₆₀ K ₆₀	22,8	26,6	18,1	17,3	21,2
P ₆₀ K ₆₀	29,6	34,2	24,3	23,1	27,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,8	33,5	25,7	24,5	28,1
В, НСП ₀₅ = 1,6	26,1	30,5	22,0	20,7	НСП ₀₅ = 3,3

Согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту, при одностороннем внесении фосфора или в сочетании с другими элементами (P₆₀, N₆₀P₆₀K₆₀, P₆₀K₆₀ и N₆₀P₆₀) достоверно увеличивалось содержание в почве подвижного фосфора и разница с контролем составила 4,0, 5,4, 5,1 и 4,8 мг/кг почвы соответственно.

Межфазный период стеблевание – цветение характеризовался существенным снижением содержания в 0–20 см слое почвы подвижного фосфора на всех вариантах опыта, что связано с интенсивным потреблением элемента зимующим горохом и условиями увлажнения. В межфазный период цветение – полная спелость разница в рассматриваемом показателе была несущественной – 1,3 мг/кг.

3.5. Динамика обменного калия

Согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту, содержание обменного калия в почве при внесении K₆₀, P₆₀K₆₀, N₆₀K₆₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ несущественно увеличилось, на 5–10 мг/кг, по сравнению с контрольным ва-

риантом. На вариантах с внесением таких видов и сочетаний минеральных удобрений, как $N_{60}, P_{60}, N_{60}, P_{60}$, содержание обменного калия в почве уступало контролю на 2–5 мг/кг. Максимальное значение обменного калия отмечалась на варианте с применением N_{60}, P_{60}, K_{60} – 234 мг/кг почвы, а минимальная концентрация обменного калия при внесении N_{60}, P_{60} составляла 218 мг/кг почвы.

Нами установлено значительное снижение концентрации обменного калия в 0–20 см слое почвы с фазы стеблевания (229 мг/кг) с достижением минимальных значений в фазу полной спелости (218 мг/кг) не зависимо от фона питания (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2012 гг.

Удобрение, А	Срок отбора, В				A_1 , $HCP_{05} = 20$
	Перед посевом	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	230	227	216	221	224
N_{60}	235	220	213	220	222
P_{60}	240	215	206	214	219
K_{60}	242	233	228	220	231
N_{60}, P_{60}	227	220	216	210	218
N_{60}, K_{60}	241	232	218	226	229
P_{60}, K_{60}	240	233	227	224	231
N_{60}, P_{60}, K_{60}	242	255	225	212	234
В, $HCP_{05} = 19$	237	229	219	218	$HCP_{05} = 44$

Перед посевом зимующего гороха все изучаемые виды и сочетания минеральных удобрений, за исключением N_{60}, P_{60} , увеличивали содержание обменного калия на 5–12 мг/кг почвы. В фазы стеблевания и цветения $K_{60}, N_{60}, K_{60}, P_{60}, K_{60}, N_{60}, P_{60}, K_{60}$ увеличивали концентрацию элемента на 2–28 мг/кг почвы, остальные фоны питания не способствовали увеличению содержания обменного калия. К фазе полной спелости содержание элемента на фонах $N_{60}, P_{60}, K_{60}, N_{60}, P_{60}, N_{60}, P_{60}, K_{60}$ уступало контролю на 1–11 мг/кг почвы, а на вариантах с применением $N_{60}, K_{60}, P_{60}, K_{60}$ содержание элемента оказалось больше на 3–5 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом. Все отмеченные нами изменения были несущественными, так как находились в пределах ошибки опыта.

3.6. Динамика подвижных форм цинка и меди

В течение вегетации зимующего гороха динамика содержания подвижных форм цинка в пахотном слое чернозема выщелоченного имела следующий вид: от фазы всходов наблюдалось повышение концентрации цинка с дости-

жением максимальных величин к фазе стеблевания, затем к фазе полной спелости культуры происходило снижение содержания элемента до минимального значения. Минеральные удобрения оказали положительное влияние в начале вегетации культуры, когда разница с контролем составляла от 0,01 до 0,04 мг/кг. В более поздний срок отбора влияние фонов питания на накопление подвижного цинка в 0–20 см слое почвы не установлено.

Концентрация подвижной меди существенно не изменялась в зависимости от применяемых в опыте видов и сочетаний минеральных удобрений во все фазы развития культуры. Четкой закономерности влияния минеральных удобрений на содержание меди в пахотном слое почвы не зафиксировано, а динамика ее содержания в 0–20 см слое чернозема выщелоченного определялась погодными условиями и биологическими особенностями культуры.

4. ВЛИЯНИЕ ВИДОВ И СОЧЕТАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ЗИМУЮЩЕГО ГОРОХА

4.1. Динамика накопления сухой биомассы

Статистическая обработка данных двухфакторного опыта показала, что во все сроки отбора биомасса растений существенно возрастала с достижением максимальных величин к фазе полной спелости. При анализе средних данных по опыту нами установлено, что все изучаемые виды и сочетания минеральных удобрений, за исключением одностороннего внесения K_{60} , достоверно увеличивали биомассу растений по сравнению с контролем.

Удобрения в начале вегетации зимующего гороха положительно влияли на накопление сухой биомассы растений по сравнению с контролем. Так, в фазу всходов одностороннее применение N_{60} , P_{60} , K_{60} увеличивало сухую биомассу растений относительно естественного агрохимического фона на 3–35 %. Среди парных сочетаний минеральных удобрений максимальное количество сухой биомассы обеспечивало азотно-фосфорное удобрение ($N_{60}P_{60}$) – 0,48 т/га, что на 55 % выше, чем на контроле. Полное минеральное удобрение ($N_{60}P_{60}K_{60}$) способствовало в этот период наибольшему накоплению сухой массы растений гороха – 0,5 т/га (таблица 5).

После весеннего возобновления вегетации растений в межфазный период стеблевание – цветение сохраняется аналогичная тенденция по влиянию минеральных удобрений на накопление сухой биомассы. Так, на вариантах с применением N_{60} , P_{60} , K_{60} прибавка по вариантам относительно естественного агрохимического фона составила 5,2, 20,9 и 0,9 %. С внесением $N_{60}P_{60}$ количество биомассы было на 27,3 %, с $N_{60}K_{60}$ на 11,7 %, с $P_{60}K_{60}$ на 22,7 % больше, чем данный показатель на контроле. Наибольшую прибавку биомассы в фазе цветения зимующего гороха (12,17 т/га), на 32,7 % больше, относительно контроля без удобрений обеспечило применение полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$.

В фазу полной спелости зимующего гороха одностороннее применение удобрений увеличивало по сравнению с контролем сухую биомассу растений по вариантам относительно контроля N_{60} – на 6,8 %, P_{60} – на 13,1 %, а K_{60} – на 1,3 %.

Парное сочетание минеральных удобрений показало большую прибавку относительно контроля, она составила 18,8–38,4 %. Максимальное значение накопления сухой биомассы наблюдалось на варианте с полным удобрением $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 15,04 т/га, что больше, чем на естественном агрохимическом фоне, на 39,0 %.

Таблица 5 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику накопления биомассы (т/га) растениями зимующего гороха, 2009–2012 гг.

Удобрение, А	Сроки отбора				А, НСП _{0,5} = 0,36
	Всходы	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	0,31	4,08	9,17	10,82	6,09
N_{60}	0,32	4,39	9,65	11,56	6,50
P_{60}	0,42	4,82	11,09	12,24	7,13
K_{60}	0,32	4,26	9,25	10,96	6,20
$N_{60}P_{60}$	0,48	5,02	11,67	14,98	8,04
$N_{60}K_{60}$	0,41	4,52	10,24	12,85	7,00
$P_{60}K_{60}$	0,45	4,68	11,25	14,35	7,68
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,50	5,29	12,17	15,04	8,25
В, НСП _{0,5} = 2,0	0,41	4,71	10,59	13,01	НСП _{0,5} = 2,62

4.2. Влияние минеральных удобрений на образование клубеньков

Одним из показателей интенсивности фиксации атмосферного азота растениями является количество клубеньков, образующихся на корнях гороха. В среднем за 3 года в опыте количество клубеньков на контроле составило 25,5 шт/раст. Применение только фосфорных удобрений (P_{60}) в целом увеличило этот показатель на 4 шт/раст., а одностороннее внесение азота и калия способствовало снижению количества клубеньков по сравнению с контролем на 2,5–3,3 шт/раст. (рисунок 2).

Применение $N_{60}K_{60}$ не оказало положительного влияния на образование клубеньков по сравнению с контролем. Однако изучаемые другие парные сочетания удобрений ($N_{60}P_{60}$ и $P_{60}K_{60}$) способствовали увеличению клубеньков на корнях зимующего гороха относительно естественного фона на 4,6 и 6,5 шт/раст. соответственно. Максимальное количество клубеньков обеспечил вариант с полным минеральным удобрением – 33,7 шт/раст., что превысило не только контроль, но и другие удобренные фоны на 1,7–11,5 шт/раст.

Следует отметить, что величина клубеньков и окраска были неодинаковыми по вариантам опыта. Так, на контроле сформировавшиеся на корнях мелкие клубеньки имели бледную кремового цвета окраску, что говорит о невысокой в них нитрогеназной активности, а на удобренных вариантах, особенно с применением полного минерального удобрения, – ярко розовую окраску и более крупные размеры, что является подтверждением активного синтеза белка, обеспечивающего окраску клубеньков.

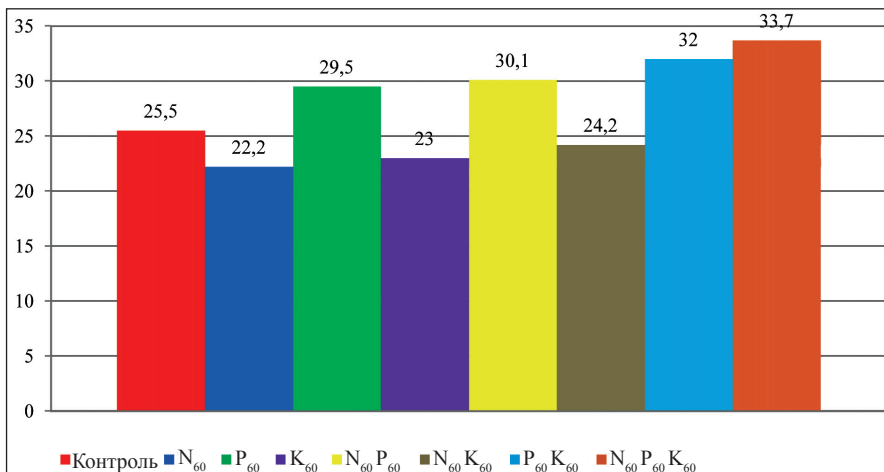


Рисунок 2 – Влияние видов и сочетаний минеральных удобрений на количество клубеньков (шт./раст.) у растений зимующего гороха, 2010–2012 гг.

4.3. Динамика элементов питания в растениях зимующего гороха

4.3.1. Содержание азота. Нами установлено, что в среднем по всем вариантам опыта содержание азота в растениях зимующего гороха снижалось от фазы всходов до фазы полной спелости с 4,3 до 1,33 %, так как по мере увеличения биомассы растений концентрация азота в них снижается (рисунок 3).

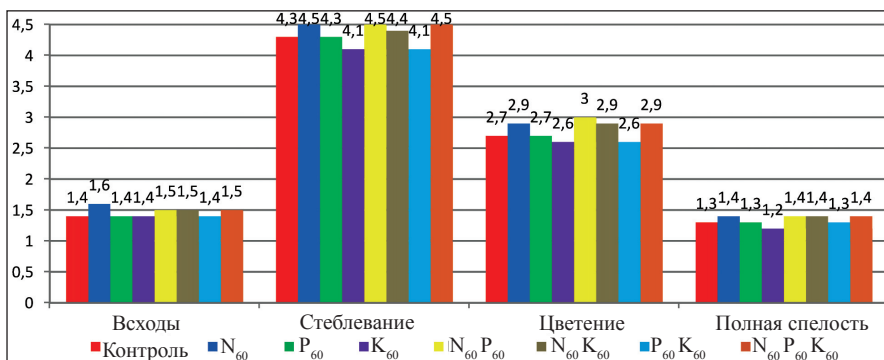


Рисунок 3 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику содержания (%) азота в растениях зимующего гороха, 2009–2012 гг.

Результаты математической обработки полученных данных двухфакторного опыта показали, что изучаемые в опыте минеральные удобрения оказали

различное влияние на содержание азота в растениях зимующего гороха. Выявлено, что в среднем по фазам развития культуры существенное увеличение содержания азота в растениях обеспечивалось при одностороннем внесении азота и в сочетании с фосфором и калием, а также при полной дозе удобрений. Так, прибавка на варианте N_{60} составила 0,2 %, на вариантах $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}K_{60}$ – 0,14 и 0,12 % соответственно. При полной дозе удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) повышение содержания азота также составило 0,10 %.

Дисперсионный анализ позволил нам установить существенное повышение содержания азота в фазе всходов на варианте N_{60} , где прибавка относительно контроля составила 0,2 %. В фазе стеблевания достоверное увеличение рассматриваемого показателя было отмечено на варианте $N_{60}P_{60}$ – 0,2 %. В фазе цветения существенной разницы исследуемых вариантов относительно контроля не выявлено. При наступлении полной спелости культуры влияние рассматриваемых видов и сочетания минеральных удобрений нивелировалось, и изменение содержания азота в растениях зимующего гороха относительно контроля находилось в пределах ошибки опыта.

4.3.2. Содержание фосфора. Динамика содержания фосфора в растениях зимующего гороха для всех вариантов опыта имела общую тенденцию – происходило неуклонное снижение его концентрации в процессе вегетации растений с достижением минимальных значений к полной спелости (рисунок 4).

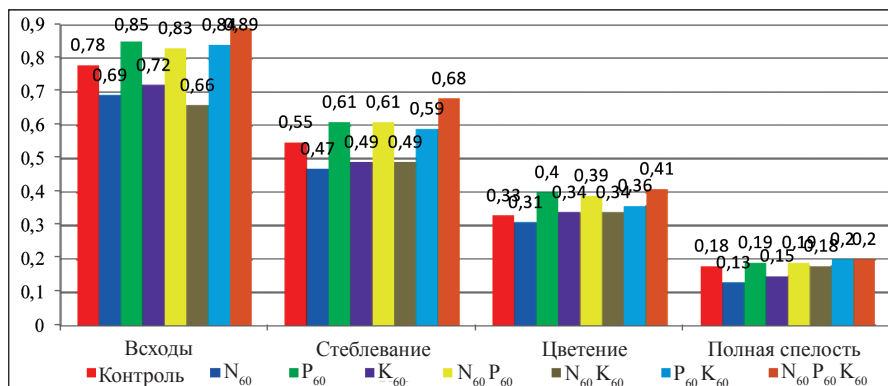


Рисунок 4 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на динамику содержания (%) фосфора в растениях зимующего гороха, 2009–2012 гг.

Минеральные удобрения, вносимые под зимующий горох, незначительно повлияли на содержание фосфора в растениях, а разница как относительно контроля, так и между изучаемыми вариантами была несущественной. В фазу стеблевания нами отмечается незначительное снижение концентрации фосфора, на 0,06–0,08 %, при внесении N_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, и на 0,04 % при внесении $P_{60}K_{60}$. В фазу цветения внесение N_{60} , P_{60} и $P_{60}K_{60}$ способствовало накоплению

элемента, а разница с контрольным вариантом составила 0,07–0,08 %. Все остальные виды и сочетания минеральных удобрений снижали концентрацию фосфора в растениях на 0,03–0,06 %.

В фазу полной спелости зимующего гороха разница в содержании фосфора нивелировалась, и показатели большинства вариантов находились на уровне контрольного варианта.

Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание фосфора в растениях зимующего гороха, вне зависимости от срока отбора растительных образцов, прибавка относительно контроля составила 0,06–0,1 %. При этом наибольшая концентрация элемента в растениях формируется при применении дозы удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$.

4.3.3. Содержание калия. Содержание калия в растениях зимующего гороха неуклонно снижалось на протяжении всего вегетационного периода растений зимующего гороха. Максимальное содержание элемента нами установлено в фазу всходов – 3,41 %, а минимальное в фазу полной спелости – 0,51 %, что связано с нарастанием надземной массы зимующего гороха.

Согласно результатам дисперсионного анализа двухфакторного опыта, изучаемые виды и сочетания минеральных удобрений не оказали существенного влияния на содержание калия в растениях зимующего гороха. Одностороннее применение калия, парные и тройные его сочетания (K_{60} , $P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$) недостоверно увеличивали содержание элемента в растениях изучаемой культуры относительно контрольного варианта. При внесении этих видов и сочетаний минеральных удобрений нами отмечалась и наибольшая концентрация калия в растениях зимующего гороха во все фазы его развития. Варианты с применением N_{60} , P_{60} , $N_{60}P_{60}$ несущественно снижали концентрацию калия в растениях зимующего гороха (на 0,01–0,05 %) по сравнению с контролем.

4.4. Влияние видов и сочетаний минеральных удобрений на продуктивность зимующего гороха

4.4.1. Формирование структуры урожая. Анализ данных по влиянию видов и сочетаний минеральных удобрений на структурные показатели урожайности культуры позволил нам прийти к выводу, что изменение условий питания культуры неоднозначно влияло на ряд показателей. Так, удобрения не оказали существенного влияния на такой элемент структуры урожая, как количество зёрен в бобе.

По сравнению с естественным агрофоном, на вариантах с односторонним внесением калийного (K_{60}) и сочетания фосфорно-калийного удобрения ($P_{60}K_{60}$) не отмечалось существенного изменения структурных показателей. Внесение N_{60} , как и $N_{60}K_{60}$, существенно повлияло лишь на высоту растений, не оказав достоверного влияния на другие показатели структуры, при этом на варианте с применением $N_{60}K_{60}$ показатель количества зёрен в бобе достоверно оказался ниже контроля.

Изучаемые показатели структуры урожая зимующего гороха на вариантах с внесением $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ существенно превосходили аналогичные значения

на естественном агрофоне: так, густота стояния растений выросла на 11 и 17 %, высота растений на 3–7 %, количество бобиков на одном растении – на 24–31 %, масса зёрен с одного растения – на 22–27 %, масса 1000 семян – на 12–14 %.

Биологическая урожайность на вариантах с внесением $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ существенно превышала показатели не только контроля на 31–46 %, но и других удобренных вариантов на 16–48 %. Вариант опыта с внесением полной дозы минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ формировал показатель биологической продуктивности, существенно превышающий все изучаемые варианты на 11–48 %.

4.3.2. Урожайность зерна. В результате полученных нами данных установлено, что в среднем за 3 года изучаемые виды и сочетания минеральных удобрений оказали различное влияние на формирование урожая культуры и за исключением одностороннего внесения калийных удобрений увеличивали показатели по сравнению с контрольным вариантом (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность зерна зимующего гороха в зависимости от видов и сочетания минеральных удобрений на черноземе выщелоченном

Вариант	Год исследований			В среднем за 2010–2012 гг.
	2010	2011	2012	
Контроль	1,84	2,07	1,54	1,82
N_{60}	1,95	2,29	1,41	1,88
P_{60}	1,99	2,21	1,82	2,01
K_{60}	1,80	2,15	1,46	1,80
$N_{60}P_{60}$	2,34	2,78	1,93	2,35
$N_{60}K_{60}$	1,93	2,38	1,50	1,94
$P_{60}K_{60}$	1,97	2,31	1,67	1,98
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,67	3,03	2,15	2,62
НСР ₀₅	0,08	0,15	0,14	0,17
Sx, %	4,2	4,8	3,8	4,0

Максимальное увлажнение в годы проведения исследований нами отмечалось в 2009/10 сельскохозяйственном году, однако распределение осадков по фазам вегетации культуры на фоне резких перепадов среднесуточных температур было неблагоприятным для роста и развития растений зимующего гороха, что негативно отразилось на уровне урожайности. В 2010 году все исследуемые дозы удобрений, кроме дозы K_{60} , достоверно увеличивали урожайность гороха относительно контрольного варианта на 0,09–0,83 т/га.

Более благоприятные погодные условия в 2011 году способствовали не только более высокой урожайности зерна зимующего гороха на всех фонах питания, но и более высокой эффективности видов и сочетания минеральных удобрений по сравнению с контролем, и разница составляла 0,08–0,96 т/га.

Одностороннее внесение N_{60} , P_{60} и K_{60} увеличивало по сравнению с контролем продуктивность культуры на 0,08–0,22 т/га, но достоверную прибавку урожая обеспечивало лишь внесение азота. По степени эффективности парные сочетания выстраиваются в следующий ряд: $N_{60}P_{60} > N_{60}K_{60} > P_{60}K_{60}$. Разница с показателями контрольного варианта была достоверна и составила 0,24–0,71 т/га. Максимальная урожайность была получена на варианте с полным минеральным удобрением (3,03 т/га), которая существенно превосходила не только контроль, но и все удобренные варианты.

В 2012 сельскохозяйственном году не все дозы исследуемых удобрений положительно повлияли на уровень урожайности зерна гороха зимующего. Так, одностороннее внесение K_{60} и N_{60} и комбинации $N_{60}K_{60}$ не дали прибавки относительно контроля. Однако другие удобренные варианты, кроме варианта с комбинацией $P_{60}K_{60}$, существенно превосходили контроль – на 0,13–0,61 т/га. На варианте с полным удобрением получена максимальная урожайность – 2,15 т/га, которая достоверно превосходила по данному показателю все исследуемые варианты опыта.

Анализ трехлетних данных свидетельствует о том, что все изучаемые в опыте виды и сочетания минеральных удобрений, кроме одностороннего внесения K_{60} , увеличивали по сравнению с контролем урожайность зимующего гороха, и разница составила 0,06–0,80 т/га. По сравнению с контролем одностороннее внесение азотных и калийных удобрений не оказало существенного влияния на урожайность зимующего гороха, лишь применение P_{60} обеспечивало получение достоверной прибавки урожая (0,19 т/га). Аналогичные зависимости отмечаются нами и при изучении парных сочетаний: лишь азотно-фосфорное удобрение достоверно увеличивало урожайность зимующего гороха как относительно контроля – 0,53 т/га, так и по сравнению с односторонним внесением туков и их парных сочетаний.

4.3.3. Качество зерна. Изучаемые виды удобрений и их сочетания относительно контроля оказали неоднозначное влияние на содержание в зерне гороха таких показателей, как белок и его сбор в пересчете с одного гектара (таблица 7).

Так, одностороннее внесение фосфорных удобрений (P_{60}) не существенно увеличивало содержание белка относительно контроля, а применение K_{60} в системе питания зимующего гороха привело к снижению изучаемого показателя, а разница находилась в пределах ошибки опыта относительно естественного агрофона. Среди одноэлементных вариантов только применение N_{60} существенно увеличивало содержание белка как относительно контроля, так и других вариантов опыта на 0,5–1,1 %.

При изучении влияния парных комбинаций необходимо выделить совместное влияние $N_{60}P_{60}$ на содержание белка в зерне, существенно превышающее показатель контроля на 2,3 %, в то время как азотно-калийное ($N_{60}K_{60}$) сочетание элементов несущественно повышало показатель (+0,5 %), а фосфорно-калийная комбинация формировала содержание белка на уровне варианта без применения удобрений. Внесение полного минерального удобрения – $N_{60}P_{60}K_{60}$ – способствовало существенному повышению содержания белка в

зерне гороха относительно контроля +1,8 %, но недостоверно снижало его содержание относительно внесения $N_{60}P_{60}$ -0,5 %.

Таблица 7 – Влияние видов и сочетания минеральных удобрений на содержание белка в зерне зимующего гороха на черноземе выщелоченном, 2010–2012 гг.

Вариант опыта	Содержание белка в зерне, %	В пересчёте белка на 1 га, т/га
Контроль	20,0	0,364
N_{60}	20,6	0,387
P_{60}	20,1	0,404
K_{60}	19,5	0,351
$N_{60}P_{60}$	22,3	0,524
$N_{60}K_{60}$	20,5	0,398
$P_{60}K_{60}$	20,0	0,396
$N_{60}P_{60}K_{60}$	21,8	0,571
HCP_{05}	0,50	0,035
$Sx, \%$	3,1	3,4

Максимальный показатель по выходу белкового компонента с единицы расчётной площади (0,571 т/га) обеспечило полное удобрение в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, существенно превышающее не только показатели контроля, но и варианты опыта с применением удобрений.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ЗИМУЮЩЕГО ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ И СОЧЕТАНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Проведённый расчёт основных экономических показателей с внесением видов и сочетаний минеральных удобрений, обеспечивших максимальную агротехническую эффективность, позволил нам установить экономическую целесообразность применения изучаемых туков по сравнению с контрольным вариантом.

Как видно из данных, приведённых в таблице 8, представленные варианты способствовали получению более высокой прибавки урожая зерна зимующего гороха по сравнению с контролем, что позволило улучшить ряд показателей экономической эффективности.

Так, по сравнению с контролем применение P_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличивало: среднегодовую урожайность зимующего гороха на 10–44 %; денежную выручку с 1 га на 1558–6560 руб., затраты труда на 1 га – на 4–15 %; производственные затраты – на 1800–4310 руб. Благодаря полученной прибавке урожая минеральные удобрения на вариантах $N_{60}P_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ снижали по сравнению

контролем: затраты труда на 1 т – на 14–20 %, себестоимость – на 98–412 руб., а уровень рентабельности превосходил контроль на 1,8–8 %.

Следует отметить, что расчет ряда экономических показателей (себестоимость, прибыль, уровень рентабельности) для варианта P_{60} не подтвердил преимущество применения минеральных удобрений относительно контроля.

Таблица 8 – Экономическая эффективность производства зерна зимующего гороха в зависимости от видов и сочетаний минеральных удобрений (среднее за 2010–2012 гг.)

Показатель	Удобрения			
	Контроль	P_{60}	$N_{60}P_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$
Урожайность, т/га	1,82	2,01	2,35	2,62
Денежная выручка с 1 га, руб.	14924	16482	19270	21484
Затраты труда на 1 га, ч	11,2	11,7	12,4	12,9
Затраты труда на 1 т, ч	6,15	5,82	5,28	4,92
Производственные затраты на 1 га, руб.	12260	14060	15600	16570
Себестоимость 1 ц, руб.	6736	6995	6638	6324
Прибыль на 1 га, руб.	2664	2422	3670	4914
Уровень рентабельности, %	21,7	17,2	23,5	29,7

Нами отмечается снижение данных показателей по сравнению с вариантом без внесения удобрений: прибыли – на 242 руб., уровня рентабельности – на 4,5 %, а себестоимость 1 т зерна выросла на 259 руб.

ВЫВОДЫ

На основании трехлетних полевых опытов и лабораторных исследований по изучению влияния видов и сочетания минеральных удобрений на урожайность и качество зерна зимующего гороха, возделываемого на чернозёме выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения, мы пришли к следующим основным выводам:

1. Внесение минеральных удобрений не изменяло направленности динамики продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы, но во все наблюдаемые фазы развития культуры на удобренных фонах по сравнению с контролем отмечалось снижение влагозапаса на 0,1–5,4 мм. В фазы стеблевания, цветения и полной спелости за счет более мощной биомассы растений и большего использования влаги на варианте с полным минеральным удобрением – $N_{60}P_{60}K_{60}$ – содержание продуктивной влаги было существенно ниже по сравнению с контролем.

2. Рассматриваемые виды и сочетания минеральных удобрений оказывали различное влияние на реакцию почвенного раствора чернозема выщелоченного. Наиболее существенное влияние на показатель рН во все фазы развития культуры оказало внесение N_{60} . Степень подкисления реакции среды относительно контроля на данном варианте составила: до посева – 0,19 ед., в фазу стеблева-

ния – 0,12 ед., в фазу цветения – 0,17 ед., и в фазу полной спелости – 0,11 ед. рН. На остальных вариантах реакция почвенного раствора изменялась несущественно либо находилась на уровне естественного агрохимического фона.

3. Минеральные удобрения, в зависимости от выбора вида и сочетания, изменяли содержание в 0–20 см слое почвы минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия, но не влияли на динамику направленности процесса в течение вегетации зимующего гороха. Количество и динамика элементов питания определялись в большей степени погодными условиями, биологией культуры и свойствами почвы. Так, максимальное содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы достигалось в фазе стеблевания, а подвижного фосфора и обменного калия – перед посевом.

Удобрения оказывали положительное влияние на концентрацию элемента питания, если он входил в состав удобрения, особенно в парных ($N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$) и тройном ($N_{60}P_{60}K_{60}$) сочетании. На остальных вариантах опыта содержание подвижных форм азота, фосфора и калия в почве находилось на уровне соответствующих показателей контроля либо несущественно ниже их.

4. Минеральные удобрения и их сочетания не оказали существенного влияния на содержание подвижных форм меди и цинка по сравнению с контролем и на характер динамики элемента в 0–20 см слое почвы в течении вегетации растений зимующего гороха. Максимальное содержание подвижных форм цинка было выявлено в фазу стеблевания – 0,45–0,50 мг/кг почвы, а меди в период всходов – 0,16–0,19 мг/кг почвы.

5. Все изучаемые в опыте виды и сочетания минеральных удобрений оказали положительное влияние на густоту стояния, сохранность растений к уборке и накопление сухой биомассы зимующего гороха, и разница с контролем составила: в фазу всходы – 25,8–61,3 %, в фазу стеблевания – 4,4–29,6 %, в фазу цветения – 0,9–32,7 %, а в фазу полной спелости – 1,3–39,0 %. Наибольшая биомасса растений зимующего гороха на протяжении вегетационного периода формируется на варианте с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ с достижением максимальных показателей к фазе полной спелости – 15,04 т/га.

6. Одностороннее применение азотных, калийных удобрений и их сочетание снижало количество клубеньков по сравнению с контролем без удобрений. Максимальное количество клубеньков обеспечивали варианты с полным минеральным удобрением – 33,7 шт/раст., что превышало не только контроль, но и другие удобренные варианты опыта на 1,7–11,5 шт/раст.

7. Динамика содержания азота, фосфора и калия в растениях в течение вегетации имела единый ход – достоверное снижение показателей от фазы всходов к фазе цветения с достижением минимальных величин к полной спелости. Существенное влияние на содержание макроэлементов в растениях зимующего гороха изучаемые виды и сочетания минеральных удобрений оказывали в начале вегетации (всходы и стебление): как правило, существенное увеличение концентрации азота, фосфора и калия обеспечивалось при одностороннем внесении данного элемента в удобрения, а также в парных сочетаниях и при полной дозе удобрений. В последующие фазы развития культуры влияние рассматриваемых видов и сочетания минеральных удобрений нивелировалось, и

изменение содержания элементов в растениях зимующего гороха относительно контроля находилось в пределах ошибки опыта.

8. Показатели структуры урожая зимующего гороха на вариантах с внесением $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ оказались существенно выше и превосходили значения контроля: густота стояния растений – на 11 и 17 %, высота растений – на 3–7 %, количество бобиков на одном растении – на 24–31 %, масса зёрен с одного растения – на 22–27 %, масса 1000 семян – на 12–14 %.

По сравнению с естественным агрофоном одностороннее внесение калия (K_{60}) и его сочетания с фосфором ($P_{60}K_{60}$) не оказали существенного влияния на структуру урожая. Внесение N_{60} , как и $N_{60}K_{60}$, существенно повлияло лишь на высоту растений, не оказав достоверного влияния на другие показатели структуры. Внесение полной дозы минерального удобрения, $N_{60}P_{60}K_{60}$, сформировало показатели биологической продуктивности, существенно превышающие все изучаемые варианты на 11–48 %.

9. Все изучаемые в опыте виды и сочетания минеральных удобрений, кроме одностороннего внесения K_{60} , увеличивали по сравнению с контролем урожайность зимующего гороха, и разница составила 0,06–0,80 т/га. Достоверная прибавка зерна зимующего гороха по сравнению с контролем и изучаемыми фонами питания получена на вариантах с внесением P_{60} , $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Максимальную урожайность зерна зимующего гороха обеспечивал вариант с полным минеральным удобрением – 2,61 т/га.

10. На качественные показатели зерна гороха определенное влияние оказали погодные условия, виды и сочетания минеральных удобрений. Повышение содержания белка в зерне культуры достигалось за счет одностороннего внесения азота (+0,6 %), а также во всех парных и тройных сочетаниях (+0,5–2,3 %) с достижением максимального показателя 22,3 % на варианте $N_{60}P_{60}$. Наибольший показатель по выходу с 1 га белка, существенно превышающий данные всех вариантов опыта, обеспечивало внесение полного минерального удобрения – 5,7 т.

11. Производство зерна зимующего гороха при внесении $N_{60}P_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ по всем показателям экономической эффективности имеет преимущество относительно значений контроля и других видов и сочетаний минеральных удобрений. Наиболее эффективным оказалось внесение полного минерального удобрения, $N_{60}P_{60}K_{60}$, которое обеспечило по сравнению с другими вариантами опыта увеличение прибыли на 1244–2492 руб. и уровня рентабельности производства на 6,2–12,5 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При возделывании зимующего гороха на чернозёме выщелоченном со средней обеспеченностью нитратным азотом, подвижным фосфором и обменным калием в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольской возвышенности рекомендуется оптимальная доза допосевого внесения минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$, как обеспечивающая получение 2,6 т/га высокобелкового зерна и максимальный экономический эффект.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ

1. Воскобойников, А. В. Продуктивность зимующего гороха в зависимости от минеральных удобрений на чернозёме выщелоченном / А. В. Воскобойников, И. О. Лысенко, В. В. Агеев // *Агрохимический вестник*. – 2012. – № 2. – С. 32–33.
2. Воскобойников, А. В. Отзывчивость зимующего гороха на виды и сочетания минеральных удобрений на чернозёме выщелоченном / А. В. Воскобойников, А. Н. Есаулко, С. А. Коростылёв, В. И. Радченко // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 6 (Режим доступа: <http://www.science-education.ru/106-7589> Элект. журнал).
3. Есаулко, А. Н. Влияние погодных условий на эффективность минеральных удобрений в посевах зимующего гороха на опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета / А. Н. Есаулко, А. В. Воскобойников, А. Ю. Фурсова // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2012. – № 4(8). – С. 25–27.

Публикации в других изданиях:

4. Есаулко, А. Н. Влияние видов и сочетаний минеральных удобрений на урожайность зерна зимующего гороха на чернозёме выщелоченном / А. Н. Есаулко, А. В. Воскобойников, А. Ю. Фурсова // *Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 75-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 22–30 марта 2011 года)*. – Ставрополь : Параграф, 2011. – С. 62–64.
5. Есаулко, А. Н. Влияние видов и сочетаний минеральных удобрений на урожайность зерна зимующего гороха на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, А. В. Воскобойников, А. Ю. Фурсова // *Значение и перспективы агрохимических исследований в повышении продуктивности земледелия : материалы научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Г. Л. Мокриевича. 27–28 сентября*. – пос. Персиановский : Изд-во Донского ГАУ, 2011. – С. 42–45.
6. Есаулко, А. Н. Оптимизация минерального питания зимующего гороха на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, А. В. Воскобойников, А. Ю. Фурсова, Н. В. Петренко // *Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 76-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 10–20 апреля 2012 года)*. – Ставрополь : Параграф, 2012. – С. 53–55.
7. Есаулко, А. Н. Опыт возделывания зимующего гороха на черноземе выщелоченном и роль минеральных удобрений в стабилизации урожайности культуры / А. Н. Есаулко, А. В. Воскобойников, А. Ю. Фурсова, Е. А. Устименко, Е. А. Марьина // *Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе*. – Ставрополь : Параграф, 2013. – С. 28–30.

Подписано в печать 14.11.2013. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 531.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.