

*На правах рукописи*

**ГОЛОСНОЙ ЕВГЕНИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ  
В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА  
ГОРОХ – ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА – РАПС ЯРОВОЙ  
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ  
СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

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:** **Агеев Валентин Васильевич,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Цховребов Валерий Сергеевич,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
заведующий кафедрой почвоведения  
имени профессора В. И. Тюльпанова  
ФГБОУ ВПО «Ставропольский  
государственный аграрный университет»

**Турчин Владимир Валерьевич,**  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент кафедры агрохимии, почвоведения  
и защиты растений ФГБОУ ВПО «Донской  
государственный аграрный университет»

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

Защита состоится 26 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](http://www.stgau.ru)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

**А. П. Шутко**

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** В последние 20 лет в регионе наблюдается ухудшение агрохимических, агрофизических и биологических свойств черноземных почв. Баланс питательных элементов и гумуса в земледелии сложился резко отрицательный. Меняющиеся климатические условия и социально-экономическая обстановка оказывают определенное влияние на продуктивность культур, изменение технологии возделывания, уровень и эффективность применения удобрений, агрохимические показатели почвенного плодородия. Поэтому нужен дальнейший поиск путей оптимизации питания растений и применения удобрений с учётом требований культуры, плодородия почвы, планируемого урожая во взаимосвязи со всеми звеньями современного научного земледелия.

Одним из способов решения задачи повышения продуктивности пашни, качества производимой сельскохозяйственной продукции является более широкое использование в земледелии на биологической основе звеньев севооборотов. Севооборот в целом, а его звено в частности способствуют более полному и лучшему использованию элементов питания из почвы и удобрений. Именно в звене севооборота можно проследить динамику и направленность процессов, изменяемых вследствие влияния систем удобрения, и сделать выводы об изменении плодородия почвы и продуктивности пашни. В связи с этим представленная диссертационная работа посвящена изучению эффективности систем удобрения в звене севооборота на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности.

**Цели и задачи исследований.** Цель исследований заключалась в изучении эффективности систем удобрения в звене севооборота горох – озимая пшеница – рапс яровой на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности. При изучении данного вопроса методикой исследования обозначено решение следующих задач:

- изучить влияние систем удобрения, построенных на различных принципах, на динамику агрохимических показателей 0–20 см слоя чернозёма выщелоченного в течение вегетации культур и ротации звена севооборота;
- дать оценку влияния систематического применения систем удобрения на содержание форм фосфора в метровом профиле чернозема выщелоченного;
- установить влияние систем удобрения на показатели роста и химический состав культур звена севооборота;
- изучить влияние условий питания на урожайность культур, качество получаемой продукции и продуктивность звена севооборота;
- определить условия, способствующие получению максимальной экономической эффективности применения систем удобрения.

**Научная новизна.** Впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено влияние систем удобрения, построенных на различных принципах, на агрохимические показатели почвенного плодородия, баланс элементов питания, содержание форм фосфора в почве и продуктивность звена севооборота горох – озимая пшеница – рапс яровой.

**Достоверность** результатов, полученных в ходе проведения исследований, подтверждается большим количеством наблюдений и учетов в лабораторных и полевых опытах, критериями статистической обработки и положительными результатами апробации результатов научных исследований при их внедрении на производстве.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- системы удобрения положительно влияют на содержание в 0–20 см слое чернозема выщелоченного минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в течение вегетации культур звена севооборота, но не изменяют их динамику относительно контроля;
- длительное применение фосфорсодержащих минеральных удобрений способствует увеличению рыхлосвязанных фосфатов, алюмофосфатов, железофосфатов, разноосновных кальций фосфатов в слоях почвы 0–20 и 20–40 см;
- применение систем удобрения повышает результативность продукционного процесса и стабилизирует урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность звена севооборота;
- экономическая эффективность изучаемых систем удобрения обусловлена принципами их построения.

**Практическая значимость.** На основании проведенных исследований получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать расчетно-балансовый метод определения норм удобрений для построения расчетной системы удобрений, позволивший получить максимальную продуктивность и обеспечить уровень оправдываемости программирования урожайности 90–100 %. Предложена малозатратная биологизированная система удобрений в севообороте, основанная на эффективном использовании органических удобрений, локальном внесении минимальных доз минеральных удобрений.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований апробированы в ООО «Раздолье» Шпаковского района, на территории землепользования ОАО «Племзавод Урупский» Отрадненского района Краснодарского края на общей площади 400 га. Рекомендованные системы удобрения используются в технологии возделывания культур в хозяйствах, увеличивая урожайность на 0,40–0,6 т/га, а прибыль – на 1,2–1,7 тыс. руб.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2007–2013 гг.) и Международной конференции в г. Москве.

**Публикация результатов исследований.** По материалам диссертации опубликованы 9 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, получено 1 авторское свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 176 страницах машинописного текста, включает 48 таблиц, 12 рисунков, 38 приложений. Список использованной литературы включает 129 источников, из них 15 – зарубежных авторов.

## 2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

Место проведения полевых исследований – стационарный опыт кафедр агрохимии и земледелия, расположенный на территории опытной станции Ставропольского ГАУ. Стационарный опыт входит в географическую сеть опытов с удобрениями и зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА РФ.

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 опытного участка – чернозем выщелоченный мощный логумусный тяжелосуглинистый. В настоящее время чернозем выщелоченный характеризуется средними значениями показателей содержания гумуса (5,2–5,9 %), нитрификационной способности (16–30 мг/кг), содержания подвижного фосфора (22–28 мг/кг по Мачигину) и средним – обменного калия (240–290 мг/кг). Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах почвы нейтральная и находится в пределах 6,1–6,8.

По средним многолетним данным, в зоне проведения опытов в год выпадает 550–650 мм осадков, в т. ч. в период активной вегетации растений 450–470 мм. Сумма эффективных температур за период активной вегетации составляет 3000–3200 °С, гидротермический коэффициент – 1,1–1,3.

Годы проведения исследований (2006–2008 гг.) характеризовались повышенным температурным режимом и неравномерным выпадением осадков в течение вегетации культур звена севооборота. В 2005/2006 сельскохозяйственном году погодные условия сложились удовлетворительно для развития озимой пшеницы и яровых культур. Температура воздуха превысила среднемноголетние значения на 0,8 °С, выпадение осадков было крайне неравномерным и составило за год лишь 71 % от многолетней нормы. В 2006/2007 сельскохозяйственном году агрометеорологические условия оказались наименее благоприятными: количество осадков оказалось ниже среднемноголетних значений на 135 мм, в сочетании с превышением среднегодового показателя температуры на 2,2 °С. Погодные условия 2007/2008 года для культур звена севооборота сложились благоприятно. Годовое количество выпавших осадков составило 514 мм (83 % от нормы), но их распределение во время вегетации озимых и яровых культур было оптимальным, что позволило получить максимальную продуктивность звена севооборота.

Опыт однофакторный, развернут во времени и в пространстве. Повторность опыта 3-кратная, схема опыта построена по методу расщепления делянок, общая площадь делянки 108 м<sup>2</sup>, ширина – 7,2 м, длина – 15 м, учетная – 50 м<sup>2</sup>. **Объектом исследований** являлись культуры звена севооборота горох – озимая пшеница – рапс яровой. В исследованиях использовались следующие районированные сорта сельскохозяйственных культур: горох – Аксайский усатый 5, озимая пшеница – Зерноградка 11, яровой рапс – Форум.

**Предмет исследований** – отзывчивость культур звена севооборота на применение систем удобрения. Относительно контроля (без удобрений) изу-

чалась эффективность следующих систем удобрений (таблица 1): 1) рекомендованная – насыщенность звена севооборота NPK 90 кг/га, в т. ч.  $N_{40}P_{43,3}K_{6,7}$ ; 2) биологизированная – насыщенность звена севооборота NPK 63,3 кг/га, в т. ч.  $N_{53,3}P_{10,0}K_0$ ; 3) расчетная – запланированная на максимальную урожайность культур звена севооборота (горох – 33 ц/га, озимая пшеница – 60 ц/га, яровой рапс – 22 ц/га) с насыщенностью звена севооборота NPK 142,3 кг/га, в т. ч.  $N_{63,3}P_{65}K_{14}$ .

**Таблица 1 – Системы удобрения, изучаемые в опыте**

Чередование культур	Система удобрения	Способ внесения удобрений		
		Допосевной	Припосевной	Подкормка
1. Горох	Рекомендованная	$P_{30}$	Нитрагин + $N_{10}P_{10}$	–
	Биологизированная	Солома 4,7 т/га + $N_{40}$	Нитрагин + $N_{10}P_{10}$	–
	Расчетная	$N_{22}P_{52}K_{22}$	Нитрагин + $N_{10}P_{10}$	–
2. Озимая пшеница	Рекомендованная	$N_{30}P_{30}$	$N_{10}P_{10}$	$N_{30}$
	Биологизированная	Солома 2,4 т/га + $N_{20}$	$N_{10}P_{10}$	$N_{30}$
	Расчетная	$N_{58}P_{68}$	$N_{10}P_{10}$	$N_{30}$
3. Рапс яровой	Рекомендованная	$N_{30}P_{40}K_{20}$	$N_{10}P_{10}$	–
	Биологизированная	Солома 5,3 т/га + $N_{40}$	$N_{10}P_{10}$	–
	Расчетная	$N_{50}P_{45}K_{20}$	$N_{10}P_{10}$	–

Из минеральных удобрений использовались: аммиачная селитра, суперфосфат гранулированный, хлористый калий, аммофос, нитроаммофос. Технологии возделывания культур звена севооборота соответствовали рекомендациям для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

В опытах проводились следующие наблюдения, учеты и анализы:

- в почвенных образцах определяли: влажность почвы весовым методом по Б. А. Доспехову (1987); pH почвы в водной суспензии – ГОСТ 26423–85; нитратный азот – колориметрически с дисульфобензоловой кислотой по методу Грандваль-Ляжу – ГОСТ 26488–91; аммиачный азот – колориметрированием с реактивом Несслера – ГОСТ 26489–91; подвижные формы фосфора и обменного калия по Мачигину в модификации ЦИНАО – ГОСТ 26205–91; групповой состав фосфатов по методу Чанга-Джексона в прописи В. Г. Минеева (2001);
- в растительных образцах определяли: содержание азота, фосфора и калия по Б. А. Ягодину (1987); структуру урожая по методике Г. С. И. (1983, 1991); урожайность зерновых и масличных культур методом механизированной уборки по методике Г. С. И. (1983, 1991); качественные показатели озимой пшеницы: белок – по ГОСТ 10846–91, массовую долю клейковины – по ГОСТ 13586.1, массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89, натуру – по ГОСТ 10840–64, ИДК – по ГОСТ 27676–88; качественные показатели зерна гороха: белок – по ГОСТ 10846–91; массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89; масличность ярового рапса по методу С. В. Рушковского (1987); перевод урожая сельскохозяйственных культур в сопоставимые показатели по методике И. Н. Богданова и др.

(1989), И. В. Пустового и др. (1995); статистическую обработку экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионными методами (Б. А. Доспехов, 1985); расчет экономической эффективности систем удобрений по методике, предложенной кафедрой предпринимательства СтГАУ. Отбор растительных и почвенных проб и их анализ были приурочены к основным фазам развития культур звена севооборота.

### **3. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ 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 с 2006 по 2008 г. Влияние систем удобрения на изучаемые показатели яровых культур было идентично, в связи с чем результаты исследований по агрохимическим показателям и химическому составу растений представлены на примере гороха и озимой пшеницы.

#### **3.1. Динамика продуктивной влаги**

Изучаемые системы удобрения в посевах гороха снижали содержание продуктивной влаги относительно контроля в метровом слое почвы. При этом достоверное снижение обеспечивали только рекомендованная и расчетная системы удобрения, но разница между данными системами была несущественной. Все удобренные варианты в посевах озимой пшеницы существенно снижали по сравнению с естественным агрохимическим фоном содержание продуктивной влаги на 8–10 мм.

Максимальное содержание продуктивной влаги в метровом профиле чернозема выщелоченного среди изучаемых систем удобрений нами отмечалось на биологизированной системе на всех культурах звена севооборота во все сроки отбора. Расчетная система удобрения, программируемая на максимально возможный урожай, способствовала снижению влагозапаса почвы относительно как контроля, так и других систем удобрения.

#### **3.2. Реакция почвенного раствора**

В слое почвы 0–20 см во время вегетации гороха существенное подкислительные реакции почвенного раствора было отмечено в период максимального потребления культурой элементов питания (стеблевание – цветение), и разница с исходным показателем составила 0,28 ед. (таблица 2).

Существенное влияние на уровень pH относительно контроля оказало применение расчетной системы удобрения, и разница составила 0,17 ед. pH. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения существенно подкисляло реакцию 0–20 см слоя почвы относительно варианта с биологизированной системой удобрения, и разница составила 0,14 и 0,24 ед. соответственно.

**Таблица 2 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–20 см слое почвы в посевах гороха, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Срок отбора, В				А, НСР <sub>05</sub> = 0,10
	До посева	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	6,15	6,05	5,95	6,10	6,06
Рекомендованная	6,10	5,95	5,90	6,00	5,99
Биологизированная	6,25	6,10	5,95	6,20	6,13
Расчетная	6,10	5,90	5,70	5,90	5,89
В, НСР <sub>05</sub> = 0,12	6,15	6,00	5,87	6,05	НСР <sub>05</sub> = 0,20

Растения озимой пшеницы существенно подкисляли реакцию почвенного раствора в фазы выхода в трубку и колошения, так как разница с исходным показателем (до посева) составила 0,18 и 0,21 ед. (таблица 3). Существенное подкисление реакции почвенного раствора относительно контроля было отмечено на вариантах с применением рекомендованной и расчетной систем удобрения, и разница составила 0,11 и 0,17 ед. Данные системы обеспечили существенную разницу по сравнению с показателями биологизированной системы удобрения (разница составила 0,12 и 0,18 ед. соответственно).

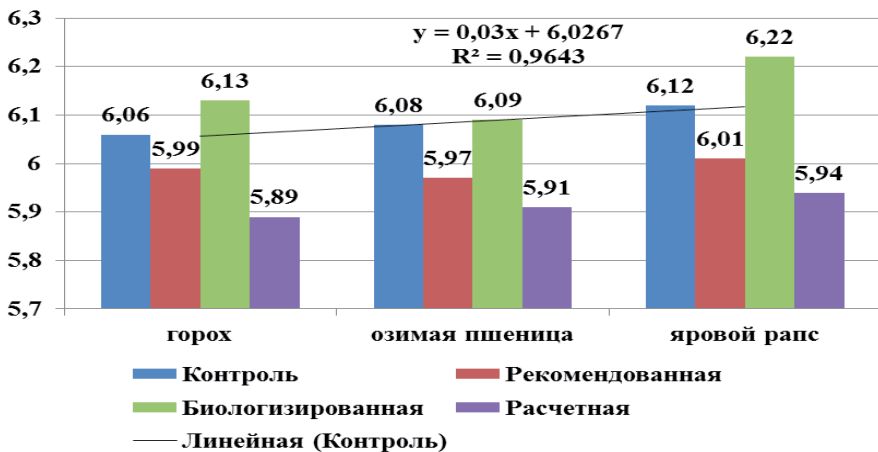
**Таблица 3 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Срок отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> = 0,10
	До посева	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
Контроль	6,13	6,07	6,03	6,00	6,15	6,08
Рекомендованная	6,08	5,99	5,90	5,90	6,00	5,97
Биологизированная	6,22	6,12	6,01	5,92	6,18	6,09
Расчетная	6,04	5,90	5,81	5,82	5,97	5,91
В, НСР <sub>05</sub> = 0,12	6,12	6,02	5,94	5,91	6,07	НСР <sub>05</sub> = 0,21

В звене севооборота рекомендованная и расчетная системы удобрения существенно подкисляли рН по сравнению со значениями контроля биологизированной системы. В среднем по звену разница на рекомендованной системе удобрения относительно контроля составляла 0,11 ед., относительно показателей биологизированной системы удобрения – 0,12–0,21 ед. Применение расчетной системы удобрения способствовало значительному подкислению реакции почвы, разница относительно контроля составила 0,17–0,18 ед., относительно биологизированной системы удобрения – 0,18–0,28 ед.

В среднем по звену севооборота рекомендованная и расчетная системы удобрения подкисляли реакцию среды относительно контроля на 0,10 и 0,18 ед. соответственно. Биологизированная система удобрения повышала уровень рН относительно исходных значений на 0,66 ед. (рисунок 1).





**Рисунок 1 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2006–2008 гг.**

### 3.3. Минеральный азот

В посевах гороха содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы к фазе полной спелости неуклонно снижалось, и разница составила 7,8 мг/кг почвы. Все изучаемые системы удобрения существенно увеличивали содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы относительно контроля в пределах 6,4–15,4 мг/кг. Расчетная система удобрения достоверно (+9 и 5,3 мг/кг почвы) повышала содержание минерального азота относительно соответствующих показателей на рекомендованной и биологизированной системах удобрения. Биологизированная система удобрения обеспечивала достоверную прибавку содержания азота относительно варианта с рекомендованной системой, и разница на посевах гороха составила 3,7 мг/кг (таблица 4).

**Таблица 4 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах гороха, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Срок отбора, В				А, НСР <sub>05</sub> = 3,1
	До посева	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	18,8	17,6	16,5	13,6	16,2
Рекомендованная	24,3	24,8	23,8	17,5	22,6
Биологизированная	29,1	30,8	26,0	19,3	26,3
Расчетная	34,5	34,9	31,8	25,4	31,6
В, НСР <sub>05</sub> = 2,0	26,7	27,0	24,5	18,9	НСР <sub>05</sub> = 5,3

В посевах озимой пшеницы максимальное содержание минерального азота было отмечено в фазе кущения и было выше показателя до посева культу-

ры на 8,5 мг/кг почвы. Затем по мере развития растений данный показатель снижался, достигая минимального значения в фазу полной спелости, и разница с содержанием до посева составила 11,4 мг/кг (таблица 5).

**Таблица 5 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Срок отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> = 1,8
	До посева	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
Контроль	17,6	18,6	16,4	13,7	11,0	15,5
Рекомендованная	22,4	33,2	21,8	16,5	13,2	21,4
Биологизированная	28,3	38,8	25,7	19,3	14,4	25,3
Расчетная	35,8	47,3	33,6	25,0	19,7	32,3
В, НСР <sub>05</sub> = 1,5	26,0	34,5	24,4	18,6	14,6	НСР <sub>05</sub> = 3,3

Изучаемые системы удобрения существенно увеличивали содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы относительно контроля в пределах 5,9–16,8 мг/кг. Расчетная система удобрения достоверно увеличивала содержание минерального азота относительно показателей рекомендованной и биологизированной систем удобрения на 10,9 и 7 мг/кг. Биологизированная система удобрения обеспечивала достоверную прибавку содержания азота относительно рекомендованной системы на 3,9 мг/кг.

### 3.4. Формы фосфора в почве

**3.4.1. Подвижный фосфор.** В посевах гороха максимальное количество подвижного фосфора на всех вариантах опыта отмечалось в допосевной период, затем оно постепенно снижалось, достигнув своего минимума к фазе полной спелости (таблица 6).

**Таблица 6 – Влияние систем удобрения на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах гороха, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Срок отбора, В				А, НСР <sub>05</sub> = 2,2
	До посева	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	19,3	18,2	16,3	15,5	17,3
Рекомендованная	27,1	25,2	21,3	19,5	23,3
Биологизированная	22,5	19,8	18,3	17,1	19,4
Расчетная	30,9	29,0	25,7	24,9	27,6
В, НСР <sub>05</sub> = 1,6	25,0	23,1	20,4	19,3	НСР <sub>05</sub> = 3,8

Существенное увеличение подвижного фосфора (+6,0–10,3 мг/кг почвы) обеспечили рекомендованная и расчетная системы удобрения. Разница значений на биологизированной системе удобрения относительно контроля не су-

щественна. Расчётная система имела преимущество над биологизированной и рекомендованной системами удобрений. Нужно признать, что обеспеченность 0–20 см слоя чернозёма выщелоченного подвижным фосфором на всех фонах питания характеризовалась как средняя.

Максимальное содержание подвижного фосфора на всех фонах питания озимой пшеницы отмечалось перед посевом, далее эти показатели снижались с достижением минимума к фазе полной спелости (таблица 7).

**Таблица 7 – Влияние систем удобрения на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Срок отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> = 2,8
	До посева	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
Контроль	23,4	20,2	17,1	15,9	14,5	18,2
Рекомендованная	28,7	26,1	23,3	20,3	18,9	23,5
Биологизированная	24,1	22,3	20,8	19,9	17,4	20,9
Расчетная	38,2	35,8	30,9	29,1	25,9	32,0
В, НСР <sub>05</sub> = 1,2	28,6	26,1	23,0	21,3	19,2	НСР <sub>05</sub> = 4,0

Расчётная система удобрений способствовала достоверному увеличению содержания подвижного фосфора в сравнении как с контролем (+13,8 мг/кг), так и с рекомендованной и биологизированной системами (+8,5–11,1 мг/кг почвы). Биологизированная система удобрения относительно контрольного варианта не обеспечила существенной прибавки подвижного фосфора. Разница между показателями рекомендованной и биологизированной систем удобрения не существенна.

**3.4.2. Содержание форм фосфора в метровом профиле почвы.** Удобрения, вносимые в течение трех ротаций севооборота, способствовали накоплению на расчетной системе практически всех минеральных фракций фосфора, извлекаемых по методу Чанга-Джексона. Основное увеличение и аккумуляция минеральных фракций отмечалось в верхних слоях почвы, при этом количество труднорастворимых фосфатов железа и кальция было преобладающим. Преимущество расчётной системы по содержанию рыхлосвязанных фосфатов нами отмечалось в слоях 0–10 и 11–20 см. Ниже по профилю водорастворимые формы отсутствовали независимо от фона питания. Содержание алюмофосфатов на расчетной системе превышало показатели контроля на 7–22 мг/кг почвы, разница по слоям составляла 0–10 см – 16; 11–20 см – 9; 21–40 – 22 мг/кг. Ниже по профилю тенденция сохранялась, и разница составляла 7–15 мг/кг. Содержание фосфатов железа повышалось относительно контроля на 1–23 мг/кг почвы. Максимальное увеличение отмечено в слоях 0–10 и 11–20 см – 23, в слое 21–40 см – 15, 41–60 см – 13, в нижних слоях – 1–3 мг/кг. Содержание фосфатов кальция, типа ди-триоктакальций фосфата, апатита, а также фосфатов железа и алюминия, пересажженных в других вытяжках, на расчетной системе удобрения было

выше, чем на контроле, на 7–16 мг/кг. Наибольшая разница была отмечена в слое 0–10 см – 16 мг/кг, в слоях 11–20, 21–40 и 41–60 см – 14, 17 и 12 мг/кг соответственно. В глубоких слоях, 61–80 и 81–100 см, увеличение незначительно, на 8 и 7 мг/кг.

## **4. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА**

### **4.1. Химический состав растений**

**4.2.1. Азот.** Все изучаемые системы удобрения достоверно увеличивали содержание азота в растениях гороха и озимой пшеницы относительно контроля. Независимо от фона питания динамика содержания общего азота в растениях гороха и озимой пшеницы имела единый ход – непрерывное снижение концентрации в течение вегетации с достижением минимальных величин перед уборкой. Разница в концентрации азота между фазами вегетации говорит о существенном его снижении независимо от культуры (см. таблицы 5, 6).

Применение систем удобрения обеспечивало существенную разницу в содержании азота в растениях гороха относительно контроля независимо от фазы развития культуры (+0,12–0,36 %).

Необходимо отметить, что расчетная система удобрения обеспечивала существенное увеличение содержания данного элемента как относительно контроля (36 %), так и рекомендованной и биологизированной систем – на 0,24 и 0,23 % соответственно. На рекомендованной и биологизированной системах удобрения разница в содержании азота в растениях находилась в пределах ошибки опыта. Наибольшая концентрация азота в растениях гороха соответствовала применению расчётной системы удобрения – 3,25 % (таблица 8).

**Таблица 8 – Влияние систем удобрения на динамику содержания азота (%) в растениях гороха, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Фаза развития, В				А, НСР <sub>05</sub> = 0,10
	Всходы	Стебление	Цветение	Полная спелость	
Контроль	4,37	2,95	2,33	1,92	2,89
Рекомендованная	4,61	3,26	2,35	1,83	3,01
Биологизированная	4,54	3,15	2,42	2,00	3,02
Расчетная	4,78	3,47	2,60	2,15	3,25
В, НСР <sub>05</sub> = 0,12	4,58	3,21	2,42	1,97	НСР <sub>05</sub> = 0,22

Анализируемые системы удобрения обеспечивали достоверную разницу содержания азота (+0,28–0,49 %) в растениях озимой пшеницы относительно варианта без удобрений независимо от фазы развития культуры.

Применение расчетной системы удобрения обеспечивало достоверное увеличение содержания элемента относительно контроля (+0,49 %) и биологизированной системы (+0,21 %). Рекомендованная система обеспечивала концентрацию азота в растениях пшеницы несущественно выше значения

биологизированной системы (+0,02 %), но недостоверно уступила содержанию элемента на расчётной системе (-0,19 %) (таблица 9).

**Таблица 9 – Влияние систем удобрения на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Фаза развития, В					А, НСР <sub>05</sub> = 0,20
	Всходы	Кушение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
Контроль	4,26	3,74	3,13	2,76	1,86	3,15
Рекомендованная	4,47	4,02	3,77	2,93	2,04	3,45
Биологизированная	4,33	3,96	3,52	3,14	2,20	3,43
Расчетная	4,61	4,18	3,85	3,27	2,28	3,64
В, НСР <sub>05</sub> = 0,20	4,42	3,97	3,56	3,02	2,09	НСР <sub>05</sub> = 0,40

Наибольшую концентрацию азота в растениях озимой пшеницы, независимо от фаз развития культуры, обеспечило применение расчётной системы удобрения – 3,64 %.

**4.2.2. Фосфор.** Применение систем удобрения не изменяло динамики содержания фосфора в растениях изучаемых культур в течение вегетации. Максимальная концентрация отмечалась в фазу всходов, последующее её снижение обеспечивало минимальное содержание фосфора в фазу полной спелости культур (таблица 10).

**Таблица 10 – Влияние систем удобрения на динамику содержания фосфора (%) в растениях гороха, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Фаза развития, В				А, НСР <sub>05</sub> = 0,06
	Всходы	Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Контроль	1,0	0,80	0,69	0,33	0,71
Рекомендованная	1,12	0,85	0,74	0,35	0,77
Биологизированная	1,04	0,80	0,66	0,30	0,70
Расчетная	1,18	0,95	0,80	0,38	0,83
В, НСР <sub>0,5</sub> = 0,06	1,09	0,85	0,72	0,34	НСР <sub>05</sub> = 0,12

Применяемые в опыте системы удобрения не оказали существенного влияния на концентрацию фосфора в растениях гороха как на азот. Рекомендованная и расчётная системы удобрения способствовали увеличению концентрации относительно контроля, и разница составляла в фазы: всходов – 0,12–0,18 %, стеблевания – 0,05–0,15 %, цветения – 0,05–0,11 %, полной спелости – 0,02–0,05 %. Биологизированная система обеспечивала прибавку содержания элемента только в фазу всходов – 0,04 %, в последующие сроки отбора концентрация находилась на уровне контроля (фаза стеблевания) или ниже (цветение и полная спелость).

Наибольшее содержание фосфора в растениях гороха соответствовало расчётной системе – 0,83 %, которая достоверно выше биологизированной системы (+0,13 %).

Влияние систем удобрения на динамику содержания фосфора в растениях озимой пшеницы аналогично его изменению в растениях гороха. Рекомендованная и расчётная системы увеличивали концентрацию фосфора относительно контроля в фазы: всходов – на 0,19–0,25 %, кущения – на 0,07–0,16 %, выхода в трубку – на 0,09–0,15 %, полной спелости – на 0,04–0,09 %. Биологизированная система обеспечивала прибавку содержания фосфора относительно значений контроля: в фазу всходов – 0,04 и кущения – 0,02, в фазу полной спелости – 0,02 %.

Максимальную концентрацию фосфора в растениях озимой пшеницы обеспечивало применение расчётной системы – 0,92 %, которая достоверно выше показателей контроля (+0,16 %) и биологизированной системы (+0,13 %). Применение рекомендованной системы не оказало существенного влияния на данный показатель относительно других вариантов опыта (таблица 11).

**Таблица 11 – Влияние систем удобрения на динамику содержания фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2006–2008 гг.**

Система удобрения, А	Фаза развития, В				А, НСР <sub>05</sub> = 0,09
	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Полная спелость	
Контроль	0,9	0,80	0,70	0,62	0,76
Рекомендованная	1,09	0,87	0,79	0,66	0,85
Биологизированная	1,03	0,82	0,70	0,60	0,79
Расчетная	1,15	0,96	0,85	0,71	0,92
В, НСР <sub>05</sub> = 0,06	1,04	0,86	0,76	0,65	НСР <sub>05</sub> = 0,15

### 4.3. Баланс элементов питания

Основная часть азота и фосфора в опыте была вынесена с товарной частью урожая (зерно), а калия – с побочной (солома). В среднем за три года наблюдений улучшение минерального питания за счет систем удобрения привело к увеличению относительно контроля общего выноса азота на 38–74, фосфора – на 22–63 и калия – на 19–41 % (таблица 12).

**Таблица 12 – Влияние систем удобрения на интенсивность баланса элементов питания звена севооборота, 2006–2008 гг.**

Система удобрения	Общий вынос, кг/га			Баланс элементов питания, ± кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	100,8	36,6	67,6	-80,8	-36,6	-67,6	19,8	0	0
Рекомендованная	146,7	49,2	83,0	-86,7	-6,2	-76,0	40,9	87,4	8,4
Биологизированная	140,0	44,8	80,3	-34,0	-23,2	-40,3	75,7	48,2	49,8
Расчетная	175,3	59,8	95,3	-92,3	+5,2	-81,3	47,3	108,7	14,7

На естественном агрохимическом фоне дефицит азота, фосфора и калия составил соответственно 19,2, 63,4 и 32,4 кг/га. Системы удобрения в определенной степени компенсировали более высокий вынос элементов питания из

почвы на удобренных вариантах, но не способствовали формированию бездефицитного баланса. Однако положительный баланс по фосфору обеспечила только расчетная система удобрения.

Оптимальная интенсивность баланса нами установлена на биологизированной системе удобрения. Благодаря относительно высокой обеспеченности почвы обменным калием в совокупности с высокой насыщенностью 1 га минеральными и органическими удобрениями на расчетной системе удобрения, полученные показатели интенсивности баланса элементов питания можно считать удовлетворительными.

## **5. ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ**

### **5.1. Структура урожая**

В результате проведенных исследований нами установлена зависимость уровня биологической урожайности и её структурных элементов от изучаемых систем удобрения культур звена севооборота. Системы удобрения относительно контроля способствовали увеличению: сохранности растений гороха – на 5–15 шт/м<sup>2</sup>; высоты растений – на 5–15 см; количества бобов и массы зёрен на растении – на 3–20 % и на 0,4–0,6 г соответственно; массы тысячи зёрен – на 13–22 г.

Применение систем удобрения в посевах озимой пшеницы увеличивало количество растений с единицы площади на 1–12 %, общий и продуктивный стеблестой – на 9–38 % и 10–40 %, структурные показатели колоса: длину – на 0,9–1,1 см, число зёрен – на 4,6–7,4 шт. и массу зерна с колоса – на 0,18–0,32 г.

В посевах ярового рапса относительно контроля системы удобрения повышала густоту на 2–6 %, ветвистость – на 25–52 %, количество стручков на растении – на 12–42 %, массу семян с одного растения – на 11–29 %.

За счёт оптимального обеспечения культур элементами питания расчётная система увеличивала основные параметры структуры урожая как относительно контроля, так и рекомендованной и биологизированной систем удобрения. В результате расчётная система удобрения обеспечивала наибольшую прибавку продуктивности, превышая контроль на 39–65 %; рекомендованную и биологизированную системы – на 6–15 и 10–21 % соответственно.

### **5.2. Урожайность**

Все изучаемые в опыте системы удобрения обеспечили существенную прибавку урожая зерна гороха, и разница составила в 2006 г. – 18–46 %, в 2007 г. – 23–39 %; в 2008 г. – 25–40 %, в среднем за 2006–2008 гг. – 22–42 % (таблица 13). Во все годы максимальная урожайность была получена на варианте с расчетной системой и внесением непосредственно под культуру N<sub>32</sub>P<sub>62</sub>K<sub>22</sub>, которая в среднем за 3 года (3,3 т/га) достигла расчетного уровня. Разница в продуктивности между рекомендованной (2,84 т/га) и биологизированной (2,95 т/га) системами удобрений не достоверна.

**Таблица 13 – Влияние систем удобрения на урожайность (т/га) зерна гороха на черноземе выщелоченном**

Система удобрения	Внесено под культуру	Годы исследований			
		2006	2007	2008	Среднее за 2006–2008 гг.
Контроль	–	2,17	1,93	2,86	2,32
Рекомендованная	N <sub>10</sub> P <sub>40</sub>	2,57	2,37	3,58	2,84
Биологизированная	Солома 4,7 т/га + N <sub>50</sub> P <sub>10</sub>	2,81	2,47	3,58	2,95
Расчетная	N <sub>32</sub> P <sub>62</sub> K <sub>22</sub>	3,17	2,68	4,0	3,30
НСП <sub>05</sub>		0,36	0,37	0,33	–

Все изучаемые системы удобрения относительно контроля обеспечивали достоверную прибавку (30–71 %) зерна озимой пшеницы после предшественника горох, и разница составила в 2006 г. – 18–46 %, в 2007 г. – 63–89 %, в 2008 г. – 16–42 %, в среднем за 2006–2008 гг. – 35–64 % (таблица 14).

**Таблица 14 – Влияние систем удобрения на урожайность (т/га) зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном**

Система удобрения	Внесено под культуру	Годы исследований			
		2006	2007	2008	Среднее за 2006–2008 гг.
Контроль	–	2,92	2,71	4,20	3,28
Рекомендованная	N <sub>70</sub> P <sub>40</sub>	4,77	4,41	5,29	4,82
Биологизированная	Солома 2,4 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>10</sub>	4,27	4,12	4,89	4,43
Расчетная	N <sub>98</sub> P <sub>78</sub>	5,52	4,65	5,98	5,38
НСП <sub>05</sub>		0,43	0,42	0,41	–

Максимальная урожайность культуры отмечалась на вариантах с расчетной системой удобрений и внесением непосредственно под культуру N<sub>98</sub>P<sub>78</sub> – 5,38 т/га, которая в среднем за 3 года оказалась ниже расчетного уровня (6,0 т/га) на 10 %.

Рекомендованная (N<sub>70</sub>P<sub>40</sub>) и биологизированная (солома 2,4 т/га + N<sub>60</sub>P<sub>10</sub>) системы удобрения существенно (47 и 35 % соответственно) увеличивали урожайность культуры относительно естественного агрохимического фона, но достоверно (12–21 %) уступали урожайности на расчетной системе удобрений.

Все изучаемые в опыте системы удобрения обеспечили существенную прибавку урожая ярового рапса, и разница с контролем составила: в 2006 г. – 29–52 %, в 2007 г. – 24–35 %, в 2008 г. – 13–30 %, в среднем за 2006–2008 гг. – 21–38 %. Во все годы максимальная урожайность была получена на вариантах с расчетной системой удобрений и внесением непосредственно под культуру N<sub>60</sub>P<sub>55</sub>K<sub>20</sub>, которая в среднем за 3 года (2,11 т/га) составила 92 % от расчетного уровня продуктивности (2,3 т/га). Разница в урожайности между рекомендованной (1,99 т/га) и расчетной (2,11 т/га) системами удобрений была не существенной, а продуктивность биологизированной системы уступала расчетному уровню – 14 % (таблица 15).

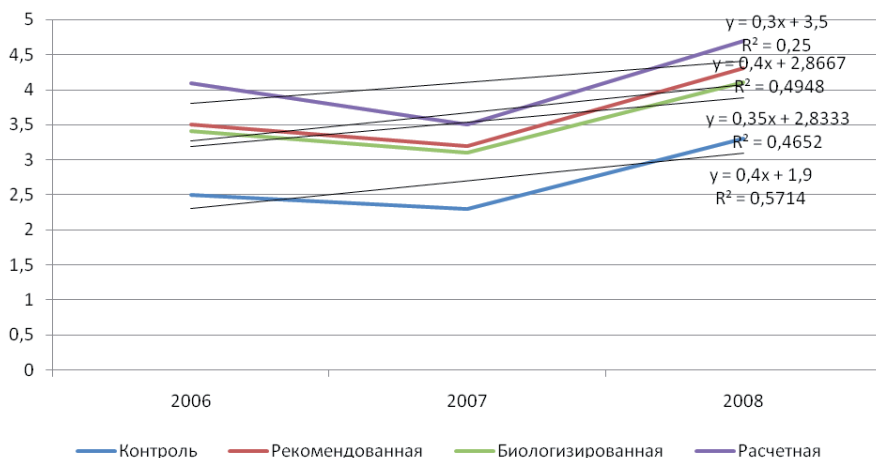


**Таблица 15 – Влияние систем удобрений на урожайность (т/га) семян ярового рапса на черноземе выщелоченном**

Система удобрения	Внесено под культуру	Годы исследований			
		2006	2007	2008	Среднее за 2006–2008 гг.
Контроль	–	1,38	1,32	1,88	1,53
Рекомендованная	N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>20</sub>	1,85	1,71	2,40	1,99
Биологизированная	Солома 5,3/га + N <sub>50</sub> P <sub>10</sub>	1,78	1,64	2,13	1,85
Расчетная	N <sub>60</sub> P <sub>55</sub> K <sub>20</sub>	2,10	1,78	2,45	2,11
НСР <sub>05</sub>		0,3	0,11	0,25	–

Анализ данных, приведенных на рисунке 2, свидетельствует о том, что все изучаемые системы удобрения достоверно увеличивали продуктивность звена севооборота относительно контроля во все годы исследований.

Расчетная система удобрений обеспечила максимальный уровень продуктивности звена (горох – озимая пшеница – яровой рапс) севооборота – 4,1 т/га з. ед., который существенно превышал не только показатель контроля (+52 %), но и показатели рекомендованной и биологизированной систем (+11 и 15 % соответственно). Биологизированная система удобрений увеличивала продуктивность севооборота по сравнению с контролем (без удобрений) на 31 %, что несущественно ниже эффективности рекомендованной системы.



**Рисунок 2 – Влияние систем удобрений на продуктивность звена севооборота, т/га з. ед.**

Трендовая оценка продуктивности звена севооборота в зависимости от применяемых систем удобрений позволила нам установить положительный тренд в период проведения исследований (2006–2008 гг.), что, на наш взгляд, связано с набором культур, влиянием погодных условий и агрохимических показателей почвенного плодородия на формирование урожайности культур звена.

### 5.3. Качество продукции

Применение систем удобрения на горохе увеличивало содержание белка и его сбор с единицы площади на 0,2–1,5 % и 0,14–0,30 т/га соответственно. Системы удобрения улучшали показатели качества зерна озимой пшеницы: белка – на 0,9–1,5 %, натуры – на 7–24 г/л, количества сырой клейковины – на 1,3–3,6 %. Их применение повышало маслянисть ярового рапса на 0,2–3,3 % и содержание белка в семенах рапса – на 0,8–2,2 %. Расчетная система удобрения на всех культурах обеспечивала более высокие показатели качества продукции по сравнению с другими системами удобрений.

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА

Период проведения исследований характеризовался нестабильной экономической ситуацией в стране и мире, резкими скачками закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию и постоянным ростом стоимости промышленной продукции, в том числе и стоимости минеральных удобрений. В создавшейся ситуации особый интерес вызывает поиск менее затратных систем удобрений. Для более точной оценки необходим расчет экономической эффективности за ротацию звена севооборота (таблица 16).

**Таблица 16 – Экономическая эффективность производства сельскохозяйственных культур в звене севооборота в зависимости от систем удобрений (2006–2008 гг.)**

Показатель	Система удобрения			
	Контроль	Рекомендованная	Биологизированная	Расчетная
Среднегодовая продуктивность 1 га, т з. ед.	2,7	3,7	3,5	4,1
Денежная выручка с 1 га, руб.	25830	36012	34066	39905
Затраты труда на 1 га, ч	13,1	13,7	13,5	14,3
Затраты труда на 1 т з. ед., ч	4,9	3,7	3,9	3,5
Производственные затраты на 1 га, руб.	13787	16983	16027	19028
Себестоимость 1 т з. ед., руб.	5106	4590	4579	4641
Прибыль, руб.	12044	19029	18038	20877
Уровень рентабельности, %	87,4	112	112,6	109,7

С экономической точки зрения все изучаемые системы удобрения в звене севооборота оказались эффективными. Системы удобрения обеспечили примерно одинаковый уровень себестоимости 1 т з. ед. и уровень рентабельности производства. Биологизированная система удобрений оказалась менее затратной по сравнению с рекомендованной и расчетной. Расчетная система с учетом дополнительных затрат на применение больших доз минеральных удобрений и уборки дополнительной продукции обеспечила максимальный показатель среднегодовой продуктивности 1 га – 4,1 т з. ед. и наибольшую прибыль с 1 га – 20877 руб., что выше на 1848–2839 руб. сравниваемых систем удобрений.

## ВЫВОДЫ

1. Динамика продуктивной влаги в метровом профиле чернозема выщелоченного зависела от биологии культуры и условий увлажнения: в период вегетации гороха и ярового рапса наблюдалось неуклонное достоверное снижение ее запасов, а максимальное содержание влагозапаса для озимой пшеницы отмечалось во время весеннего кушения растений.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения существенно снижали запасы продуктивной влаги относительно контроля в слое почвы 0–100 см в среднем за период вегетации на всех культурах. Биологизированная система удобрений способствовала увеличению влагозапаса по сравнению с другими системами.

2. В период максимального потребления элементов питания культурами звена севооборота происходило существенное подкисление реакции почвенного раствора 0–20 см слоя почвы по сравнению с исходными показателями. Влияние систем удобрения звена на данный показатель зависело от насыщенности севооборота органическими и минеральными удобрениями севооборота: биологизированная система в зависимости от культур несущественно (0,01–0,1 ед.) увеличивала реакцию почвенного раствора относительно контроля в течение вегетации культур, а применение расчетной системы способствовало значительному подкислению почвенной среды (0,17–0,22 ед.).

3. Все системы удобрений существенно увеличивали в 0–20 см слое почвы содержание элементов питания, и разница относительно контроля в среднем за вегетацию составляла для **азота**: на горохе – 5,5–15,7 мг/кг, на озимой пшенице – 5,9–16,8 мг/кг, на яровом рапсе – 1,7–8,9 мг/кг; для **подвижного фосфора**: 2,1–10,3, 2,7–13,8, 1,2–5,4 мг/кг соответственно культурам; для **обменного калия**: 17–35, 14–39, 18–31 мг/кг. Расчетная система удобрения по сравнению с контролем и другими системами достоверно повышала содержание минерального азота (+5,6–13,8 мг/кг) и подвижного фосфора (4,9–14,6 мг/кг) и не оказала существенного влияния на содержание обменного калия.

Динамика содержания элементов питания в почве во время вегетации культур звена севооборота не зависела от применяемых систем удобрений и была аналогична контролю.

4. Систематическое внесение удобрений на протяжении 30 лет (1978–2008 гг.) способствовало увеличению содержания на расчетной системе по сравнению с контролем практически всех фракций фосфора, особенно в слое почвы 0–40 см.

В зависимости от слоя почвы содержание алюмофосфатов на расчетной системе удобрений превышало показатели контроля на 7–22 мг/кг почвы, фосфатов железа – на 1–23 мг/кг почвы, фосфатов кальция – на 7–16 мг/кг. В слоях почвы 61–80 и 81–100 см существенного влияния расчетной системы удобрений на содержание фосфора не установлено.

5. Системы удобрений увеличивали накопление сухого вещества на протяжении всего вегетационного периода растений звена севооборота, и разница относительно контроля (без удобрений) составляла: у гороха – 17,9–77,1, озимой пшеницы – 15,3–87,0, ярового рапса – 16,0–68,6 %.

Максимальные значения сухой массы растений соответствовали расчетной системы удобрений, на всех культурах звена севооборота получены достоверные прибавки биомассы как по сравнению с контролем (33,3–87,0 %), так и относительно рекомендованной (11,2–47,0 %) и биологизированной (5,9–28,2 %) систем удобрения.

6. Максимальное содержание азота, фосфора и калия в растениях всех культур звена независимо от фона питания отмечалось в начале вегетации с последующим неуклонным снижением к фазе полной спелости.

Изучаемые системы удобрения оказали положительное влияние на концентрацию элементов питания в растениях, но достоверная разница относительно контроля на всех фонах получена только для азота: горох – на 0,12–0,36 %, озимая пшеница – на 0,28–0,49 %, яровой рапс – на 0,15–0,45 %.

Удобрения относительно контроля способствовали накоплению в растениях фосфора и калия, но существенную разницу средних показателей за вегетацию обеспечила только расчетная система удобрений. Максимальное количество азота, фосфора и калия у всех изучаемых культур на протяжении вегетации накапливалось на расчетной системе удобрения.

7. Увеличение содержания элементов питания в основной и побочной продукции культур на фоне более высокой продуктивности растений способствовало повышению выноса по сравнению с контролем азота – на 38–74, фосфора – на 22–63 и калия – на 19–41 %. Максимальный вынос элементов отмечался на расчетной системе.

На контроле получен отрицательный общий баланс азота, фосфора и калия, который соответственно составил –80,8, –36,6 и –34,1 кг/га. Изучаемые системы удобрения не устранили в полной мере отрицательный баланс, особенно по азоту и калию. Положительный баланс по фосфору (+5 кг/га) обеспечило применение расчетной системы с насыщенностью NPK 142,3 кг/га, в т. ч.  $N_{63,3}P_{65}K_{14}$  при соотношении N:P:K = 1:1,03:0,22.

Оптимальные показатели интенсивности баланса элементов питания обеспечило применение биологизированной системы с насыщенностью NPK 63,3 кг/га, в т. ч.  $N_{53,3}P_{10,0}K_0$  при соотношении N:P:K = 1:0,19:0 +4,1 т/га органических удобрений.

9. Условия увлажнения (2006–2008 гг.) оказали определяющее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность звена севооборота. Отклонение от уровня средней урожайности составило: для гороха от –19 до +26 %; для озимой пшеницы от –17 до +28 %; для ярового рапса от –16 до +22 %, а вариативность урожайности на удобренных вариантах была значительно меньше.

10. Все изучаемые в опыте системы удобрений по сравнению с контролем существенно увеличивали урожайность: гороха – на 22–42 %, озимой пшеницы – на 35–64 %, ярового рапса – на 21–38 %. Максимальная урожайность всех культур была получена на расчетной системе удобрений и внесением: под горох  $N_{32}P_{62}K_{22}$  – 3,3 т/га (100 % от расчетного уровня продуктивности), под озимую пшеницу  $N_{98}P_{78}$  – 5,38 т/га, (90 %), под яровой рапс –  $N_{60}P_{55}K_{20}$  – 2,11 т/га (92 %).

В среднем за ротацию расчетная система удобрения обеспечила максимальный уровень продуктивности звена (горох – озимая пшеница – яровой рапс) севооборота – 4,1 т/га з. ед., который существенно превышал не только показатель контроля (+52 %), но и показатели рекомендованной и биологизированной систем (+11 и 15 % соответственно). Биологизированная система удобрений увеличивала продуктивность севооборота по сравнению с контролем (без удобрений) на 31 %, что несущественно ниже эффективности рекомендованной системы.

11. Системы удобрения оказали положительное влияние на показатели качества зерна, увеличивая по сравнению с контролем: **горох** – содержание белка на 0,2–1,5 % и его сбор с единицы площади на 0,14–0,30 т/га; **озимая пшеница** – содержание белка на 0,9–1,5 %, количество сырой клейковины на 1,3–3,6 %; **яровой рапс** – масличность на 0,2–3,3 % и содержание белка на 0,8–2,2 %. Расчетная система удобрения на фоне максимальной продуктивности способствовала получению продукции заданного качества, значительно превышая показатели сравниваемых систем.

12. Расчет экономических показателей подтвердил эффективность применения систем удобрений в звене севооборота, так как по сравнению с контролем снизилась себестоимость 1 т з. ед. на 465–516 руб., прибыль увеличилась на 5994–8833 руб., а уровень рентабельности вырос на 22,3–25,2 %. Биологизированная система удобрений оказалась менее затратной по сравнению с рекомендованной и расчетной. Расчетная система обеспечила максимальный показатель среднегодовой продуктивности 1 га – 4,1 т з. ед. и наибольшую прибыль с 1 га – 20877 руб., что выше на 1848–2839 руб. сравниваемых систем удобрений.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В звене севооборота горох – озимая пшеница – яровой рапс в сходных почвенно-климатических условиях рекомендуется расчетная система удобрения с насыщенностью 1 га  $N_{63,3}P_{65}K_{14}$ , устанавливаемая расчетно-балансовым методом определения норм удобрений, обеспечивающая максимальную продуктивность звена севооборота 4,1 т/га з. ед. при уровне оправдываемости программирования урожайности 90–100 %.

2. В целях сохранения плодородия чернозема выщелоченного, получения среднегодовой продуктивности указанного звена севооборота (3,5 т/га з. ед.) предлагается малозатратная биологизированная система удобрений с насыщенностью  $N_{53,3}P_{10,0}K_0 + 4,1$  т/га соломы.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ*

1. Голосной, Е. В. Продуктивность звена севооборота в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы / Е. В. Голосной, В. В. Агеев // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 39–40.

2. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. В. Голосной, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида // Плодородие. – 2013. – № 3. – С. 4–5.

3. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 33–35.

#### ***Патенты:***

4. АС об официальной регистрации программы для ЭВМ / Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной и др. (РФ). – № 2010613825. – Зарегистрировано 10 июня 2010.

#### ***Учебные пособия:***

5. Есаулко, А. Н. Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия : учебное пособие / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, Е. В. Голосной. – Ставрополь : АГРУС, 2013. – 352 с.

#### ***Публикации в других изданиях:***

6. Голосной, Е. В. Динамика органического вещества в чернозёме выщелоченном в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы / Е. В. Голосной // Агрохимические приёмы рационального применения средств химизации как основа повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур : материалы 41-й Международной научной конференции (ВНИИА, 25–26 апреля 2007 года). – М. : ВНИИА, 2007. – С. 18–19.

7. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрений на содержание органического вещества и подвижного фосфора на выщелоченном чернозёме Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса ЮФО : материалы 72-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 3–15 апреля 2008 года). – Ставрополь : АГРУС, 2008. – С. 54–57.

8. Голосной, Е. В. Отзывчивость культур звена севооборота на уровень минерального питания в условиях Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, М. С. Сигида // Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу : материалы 77-й научно-практической конференции. – Ставрополь : АГРУС, 2013. – С. 45–47.

9. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрения на фосфатный режим чернозема выщелоченного / Е. В. Голосной, М. С. Сигида, Н. В. Громова, А. Ю. Гуруева // Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу : материалы 77-й научно-практической конференции. – Ставрополь : АГРУС, 2013. – С. 47–49.

Подписано в печать 25.11.2013. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.  
Тираж 100. Заказ № 485.

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