

На правах рукописи

АЙСАНОВ ТИМУР СОЛТАНОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ
НА КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2015

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

Научный руководитель: Подколзин Анатолий Иванович,
профессор кафедры агрохимии и физиологии растений
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ставропольский государственный аграрный университет», доктор биологических наук

Официальные оппоненты: Дзанагов Созырко Хасанбекович,
заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Горский государственный аграрный университет», доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Шустикова Екатерина Павловна,
старший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» ФАНО России, кандидат сельскохозяйственных наук

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится ___ февраля 2016 г. в ___ 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», а с авторефератом – на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии <http://vak.ed.gov.ru> и на официальном сайте университета: www.stgau.ru

Автореферат разослан «___» декабря 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
доктор с.-х. наук, доцент

Шутко Анна Петровна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Научной и практикой сельского хозяйства доказано, что одностороннее применение высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений без комбинирования их с органическими способствует ухудшению базовых показателей почвы – возрастанию кислотности и снижению суммы поглощенных оснований. В этих условиях в значительной мере возрастает роль научно обоснованной системы удобрения сельскохозяйственных культур.

Эффективность возделывания озимой пшеницы, как основной зерновой культуры в нашей стране, представляет особый интерес. Наряду с оптимизацией условий питания культуры одним из способов повышения ее продуктивности, является построение и внедрение научно обоснованных севооборотов, ведь условия, создаваемые в почвенном комплексе после различных предшественников, неодинаковы.

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключалась в изучении влияния систем удобрения на кислотно-основные показатели чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы.

При изучении данного вопроса методикой исследования обозначено решение следующих задач:

- оценить влияние систем удобрения на кислотно-основные показатели 0–20 см слоя чернозема выщелоченного;
- изучить влияние систем удобрения и предшественников на динамику агрохимических показателей в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, продуктивность и качество зерна озимой пшеницы;
- определить экономическую эффективность предлагаемых агроприемов.

Научная новизна. Впервые на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено влияние систем удобрения, построенных на различных принципах, на кислотно-основные показатели почвы и продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественников.

Практическая значимость. При возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольской возвышенности рекомендуется расчетная система удобрения, позволяющей получать наибольшую продуктивность культуры с 1 га посевов по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох. Предложена экологически эффективная биологизированная система удобрения, стабилизирующая кислотно-основные показатели почвы на уровне естественного агрохимического фона.

Основные положения, выносимые на защиту:

- системы удобрения в зависимости от принципов построения изменяют кислотно-основные показатели в 0–20 см слое чернозема выщелоченного;

– системы удобрения увеличивают содержание в 0–20 см слое чернозема выщелоченного минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в течение вегетации озимой пшеницы, но не изменяют их динамику;

экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы зависит от выбора систем удобрения и предшественников.

Апробация работы. Основные результаты исследований диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета, Горского государственного аграрного университета, Кубанского государственного аграрного университета, Дагестанского государственного аграрного университета им. М. М. Джамбулатова и др. (2011–2015 гг.). По материалам диссертации опубликованы 8 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 180 страницах машинописного текста, включает 14 таблиц, 14 рисунков, 57 приложений. Список литературы включает 153 источника, из них – 20 зарубежных авторов.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

Место проведения исследований – стационарный опыт кафедр агрохимии и физиологии растений и общего и мелиоративного земледелия, расположенный на территории опытной станции Ставропольского ГАУ. Стационар 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. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный мощный среднегумусный тяжелосуглинистый, характеризуется средними показателями 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, в т. ч. в период активной вегетации растений 450–470 мм осадков. Сумма эффективных температур за период активной вегетации составляет 3000–3200°C, гидротермический коэффициент – 1,1–1,3.

Годы проведения исследований (2012–2014 гг.) характеризовались повышенным температурным режимом и неравномерным выпадением осадков в течение вегетации озимой пшеницы. Условия 2011/12 года для

развития растений озимой пшеницы характеризовались как неудовлетворительные. Неблагоприятный температурный режим усугублялся дефицитом влаги в ключевые периоды развития растений. Сумма осадков составила 475 мм, что было ниже многолетнего показателя на 148 мм. Погодные условия 2012/13 года можно охарактеризовать как удовлетворительные для развития озимых культур. Сумма осадков здесь (595 мм) уступала многолетнему показателю на 28 мм. Наиболее благоприятные условия для развития растений озимой пшеницы за период наблюдений сложились в 2013/14 году. Он характеризовался повышенной среднегодовой температурой воздуха (9,8 °С), и благоприятными условиями увлажнения. Сумма осадков, составив 665 мм, превышала многолетнюю норму на 42 мм.

Опыт двухфакторный, развернут во времени и пространстве. Повторность опыта 3-х кратная, схема опыта построена по методу расщепления делянок, общая площадь делянки 108 м², ширина – 7,2 м, длина – 15 м, учетная – 50 м².

Объектом исследований являлась озимая пшеница, высеваемая по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох. В исследованиях использовался районированный сорт озимой пшеницы Зустріч.

Предмет исследований – отзывчивость озимой пшеницы на применение систем удобрения. Относительно контроля (без удобрений), изучалась эффективность следующих систем удобрений:

1) рекомендованная – насыщенность по всем предшественникам составляла НРК 110 кг/га, в т. ч. N₇₀P₄₀K₀; 2) биологизированная – насыщенность по занятому пару и кукурузе на силос составляла НРК 50 кг/га, в т. ч. N₄₀P₁₀K₀, по гороху – НРК 70 кг/га, в т. ч. N₆₀P₁₀K₀ + 2,4 т/га соломы; 3) расчетная – рассчитывалась на планируемую урожайность по предшественникам: занятый пар – 6,5, кукуруза на силос – 5,5 и горох – 6,0 т/га. Насыщенность по занятому пару НРК 261 кг/га, в т. ч. N₁₄₅P₈₄K₃₂; по кукурузе на силос – НРК 193 кг/га, в т. ч. N₁₀₂P₆₉K₂₂; по гороху – НРК 219 кг/га, в т. ч. N₁₂₀P₇₅K₂₄.

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: рН почвы в водной суспензии - ГОСТ 26423-85; обменную кислотность по методу ЦИНАО (ГОСТ 26484-85); определение гидrolитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); определение суммы поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88); определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (ГОСТ 26428-85); нитратный азот - колориметрически с дисульфифеноло-

вой кислотой по методу Грандваль-Ляжу - ГОСТ 26488–91; аммонийный азот в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489–85); подвижные формы фосфора и обменного калия по Мачигину в модификации ЦИНАО – ГОСТ 26205–91.

- в растительных образцах определяли: содержание азота, фосфора и калия по Б.А. Ягодину (1987); структуру урожая по методике Г.С.И. (1983); урожайность методом механизированной уборки по методике Г.С.И. (1983); качественные показатели озимой пшеницы белок – по ГОСТ 10846-91, массовая доля клейковины – по ГОСТ 13586.1, масса 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89, ИДК – по ГОСТ 27676–88; статистическая обработка экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами (Б. А. Доспехов, 1985); расчет экономической эффективности систем удобрений по методике кафедры предпринимательства СтГАУ. Отбор растительных и почвенных проб и их анализ были приурочены к основным фазам развития озимой пшеницы: до посева, кущение, выход в трубку, колошение, полная спелость.

3. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ДИНАМИКУ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

В данном разделе представлены материалы полевых опытов, лабораторных анализов и элементы статистической обработки данных, полученных в ходе исследований с 2012 по 2014 г. Изучаемые в опыте предшественники не оказали существенного влияния на кислотно-основные показатели 0–20 см слоя чернозема выщелоченного, в связи с чем, результаты исследований по этим показателям представлены после предшественника занятый пар.

3.1. Кислотно-основные показатели

Реакция почвенного раствора. Из анализируемых систем удобрения рекомендованная и расчетная способствовали существенному подкислению реакции среды относительно контроля и биологизированной системы на 0,20–0,34 ед. На биологизированной системе удобрения показатель рН почвы находился на уровне контроля, что объясняется насыщенностью ее органическими удобрениями и соломой, способствующими увеличению ее буферной способности.

Предшественники озимой пшеницы в опыте оказывали неодинаковое влияние на реакцию почвенного раствора. Показатель рН на посевах культуры после занятого пара и гороха находился практически на одном уровне, тогда как на вариантах после кукурузы на силос наблюдалось достоверное подкисление реакции почвенной среды относительно остальных предшественников на 0,16–0,22 ед. (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (актуальной) (ед.) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

Система удобрения, А	Предшественник, В	Фаза вегетации, С					А, НСР ₀₅ =0,07	В, НСР ₀₅ =0,10
		до посева	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
контроль	занятый пар	6,41	6,31	6,26	6,19	6,34	6,19	6,18
	кукуруза на силос	6,15	6,06	5,93	5,82	6,11		5,96
	горох	6,33	6,26	6,21	6,15	6,29		6,12
рекомендованная	занятый пар	6,19	6,06	6,00	5,97	6,15	5,99	
	кукуруза на силос	6,02	5,94	5,82	5,75	5,96		
	горох	6,14	6,02	5,91	5,87	6,07		
биологизированная	занятый пар	6,50	6,37	6,30	6,21	6,42	6,25	
	кукуруза на силос	6,22	6,14	6,06	5,93	6,15		
	горох	6,43	6,28	6,25	6,16	6,36		
расчетная	занятый пар	6,10	6,00	5,90	5,88	6,07	5,91	
	кукуруза на силос	5,96	5,86	5,75	5,66	5,82		
	горох	6,05	5,95	5,86	5,82	6,00		
С, НСР ₀₅ =0,10		6,21	6,10	6,02	5,95	6,15	НСР ₀₅ =0,27 S _x =3,8%	

Гидролитическая кислотность. Независимо от предшественников и систем удобрения в опыте наблюдалась общая динамика гидролитической кислотности в течение вегетации озимой пшеницы: существенное повышение к фазе кущения на 0,19 мг-экв/100 г почвы (рисунок 1).

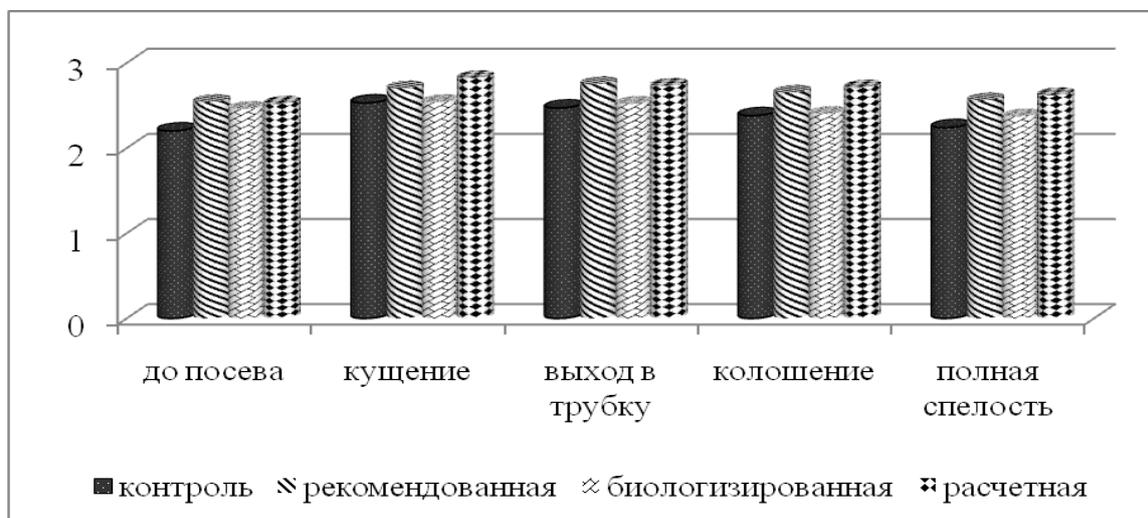


Рисунок 1 – Динамика гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Рекомендованная и расчетная системы удобрения существенно увеличивали гидролитическую кислотность относительно контроля на 0,11–0,45 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе показать Нг находился на уровне контроля, что положительно выделяет этот вариант. Максимальное повышение показателя гидролитической кислотности в опыте за счет высокой насыщенности физиологически кислыми минеральными удобрениями наблюдалось на вариантах с применением рекомендованной и расчетной систем удобрения, существенно превышавших контроль (на 0,33-0,45 мг-экв/100 г почвы), так и относительно биологизированной системы удобрения (на 0,22-0,34 мг-экв/100 г почвы).

Обменный кальций. На содержание обменного кальция в 0–20 см слое почвы изучаемые системы удобрения оказывали неодинаковое влияние. Максимальное содержание описываемого элемента в почве наблюдалось на биологизированной системе удобрения, которая в связи с высокой насыщенностью органическими удобрениями улучшала структурное состояние чернозема выщелоченного, повышала насыщенность поглощающего комплекса ионами кальция и магния и буферность почвы. Благодаря этому обеспечивалось существенное увеличение содержания обменного кальция в пахотном слое чернозема выщелоченного относительно контроля по опыту на 0,93 мг-экв/100 г почвы (рисунок 2).

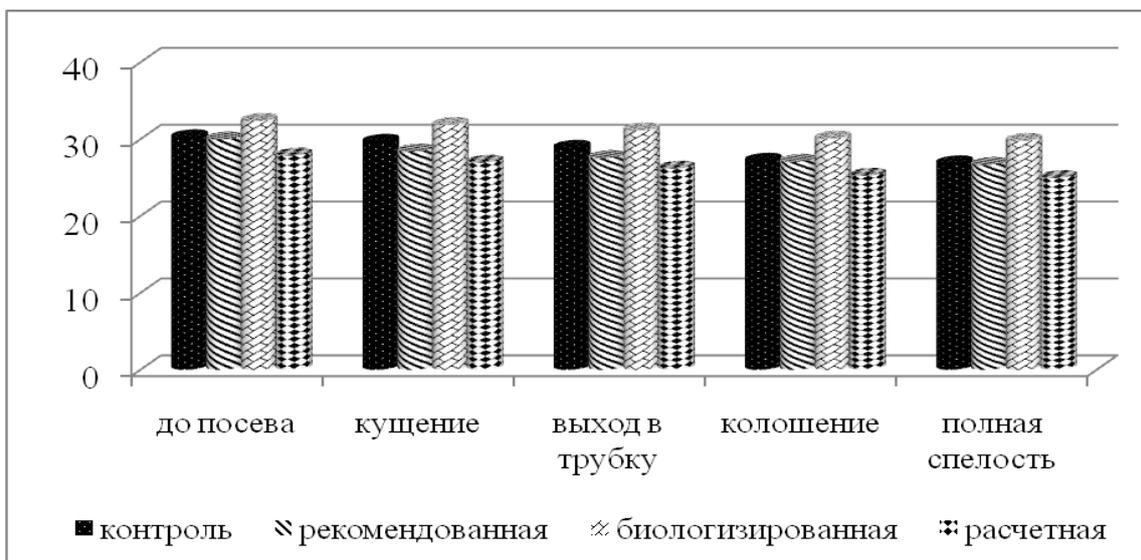


Рисунок 2 – Динамика содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Рекомендованная и расчетная системы удобрения снижали данный показатель относительно контроля на 1,00-1,60 мг-экв/100 г почвы.

Обменный магний. Динамика содержания обменного магния в пахотном слое почвы в течение вегетации растений озимой пшеницы в опыте показывала общую направленность – существенное снижение от посева к фазе кущения (на 0,65 мг-экв/100 г почвы), затем несущественное снижение к фазе полной спелости (рисунок 3).

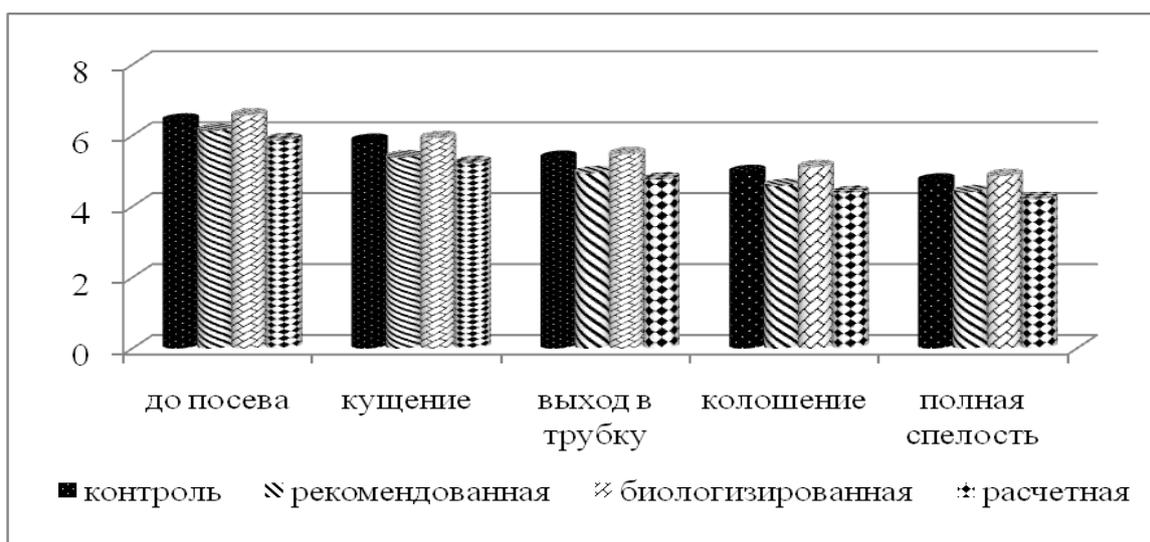


Рисунок 3 – Динамика содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Анализируемые системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на содержание обменного магния в 0–20 см слое чернозема выщелоченного. На рекомендованной и расчетной системах содержание элемента в среднем по опыту уступало контролю на 0,38–0,58 мг-экв/100 г почвы. На биологизированной системе удобрения формировалось наиболее высокое содержание обменного магния в пахотном слое почвы, значительно превышавшее остальные варианты в течение вегетации культуры на 0,08–0,73 мг-экв/100 г почвы.

Сумма поглощенных оснований. Сумма поглощенных оснований 0–20 см слоя чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы независимо от предшественников показывала устойчивое снижение от посева к полной спелости культуры. Достоверное снижение показателя отмечалось в периоды до посева – кущения и кущения – выхода в трубку и составляло 0,9 и 0,8 мг-экв/100 г почвы, затем незначительное снижение к фазе полной спелости.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения за счет высокой насыщенности минеральными удобрениями способствовали снижению показателя суммы поглощенных оснований в среднем по опыту относительно контроля на 1,0–2,8 мг-экв/100 г почвы (рисунок 4).

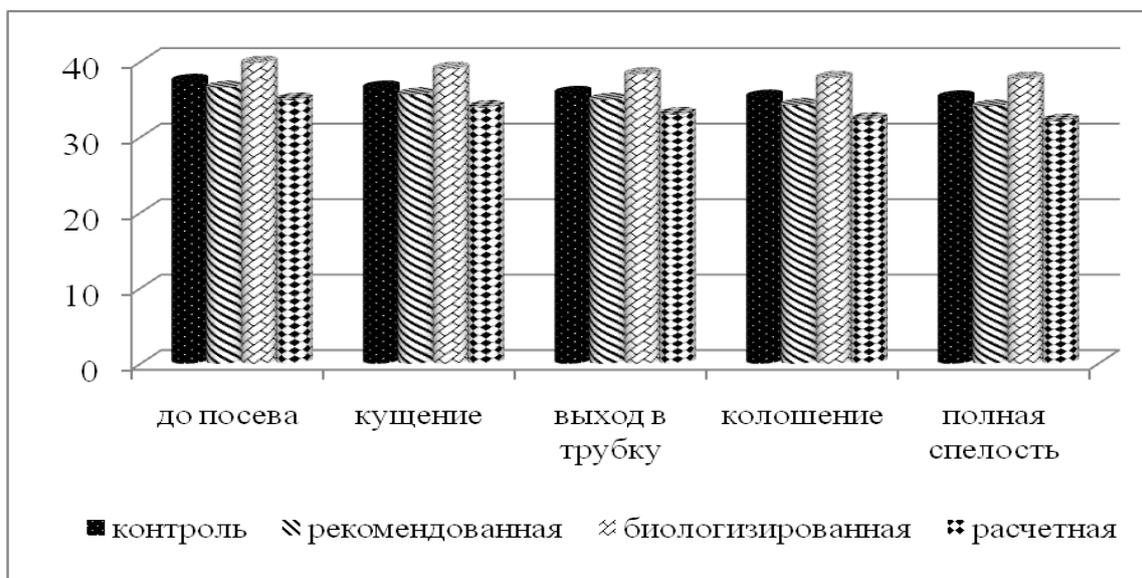


Рисунок 4 – Динамика суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Максимальные показатели суммы поглощенных оснований пахотного слоя почвы отмечались на биологизированной системе удобрения, которая обеспечивала преимущество относительно контроля и остальных

фонов питания в течение вегетации на 2,4–2,5 и 3,3–5,6 мг-экв/100 г почвы соответственно.

3.2. Минеральный азот. В течение вегетации озимой пшеницы на всех изучаемых фонах питания динамика содержания минерального азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного имела общую направленность: существенное повышение от посева к фазе кущения (на 4,9 мг/кг), затем устойчивое снижение показателя к фазе полной спелости культуры.

Изучаемые системы удобрения вне зависимости от предшественников способствовали значительному повышению содержания минерального азота в пахотном слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 4,1–21,7 мг/кг. Максимальное содержание элемента в почве было сформировано на фоне применения расчетной системы удобрения, которая в течение вегетации озимой пшеницы достоверно превышала контроль и остальные фоны питания по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох на 12,3–28,4, 14,1–26,1 и 8,9–29,3 мг/кг почвы соответственно.

Предшественники оказали значительное влияние на содержание минерального азота в почве. Показатели занятого пара и гороха, находясь практически на одном уровне, достоверно превышали показатели кукурузы на силос на 5,0 и 3,1 мг/кг почвы соответственно (таблица 2).

3.3. Подвижный фосфор. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы на всех вариантах опыта характеризовалось существенным снижением от посева к фазе полной спелости.

Системы удобрения озимой пшеницы достоверно увеличивали содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 2,7–13,6 мг/кг. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения существенно увеличивало содержание подвижного фосфора в почве относительно контроля на 4,9–13,6 мг/кг, и относительно биологизированной системы на 2,2–10,9 мг/кг. Максимальное содержание элемента в почве отмечалось на расчетной системе удобрения, достоверно превышавшей остальные варианты в течение вегетации озимой пшеницы на 6,9–16,6 мг/кг после занятого пара, 4,5–14,9 мг/кг после кукурузы на силос, 5,2–12,5 мг/кг после гороха.

Предшественники озимой пшеницы существенного влияния на содержание подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое почвы не оказали. Максимальное содержание элемента в почве отмечалось после занятого пара, однако разница относительно остальных предшественников была в пределах ошибки опыта.

Таблица 2 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

Система удобрения, А	Предшественник, В	Фаза вегетации, С					А, НСР ₀₅ =2,0	В, НСР ₀₅ =2,2
		до посева	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
контроль	занятый пар	25,9	29,1	27,5	23,4	18,5	22,0	32,5
	кукуруза на силос	20,7	23,4	20,1	17,8	12,6		27,5
	горох	23,3	26,2	22,8	21,0	17,4		30,6
рекомендованная	занятый пар	34,8	37,6	34,5	28,6	20,3	29,0	32,5
	кукуруза на силос	28,3	32,6	28,4	22,3	18,0		
	горох	32,7	36,4	33,6	26,7	19,6		
биологизированная	занятый пар	30,6	33,0	29,5	25,9	19,6	26,1	
	кукуруза на силос	26,8	30,9	25,2	19,5	16,9		
	горох	29,5	32,0	28,8	23,9	18,8		
расчетная	занятый пар	47,1	57,5	52,5	41,6	32,8	43,7	
	кукуруза на силос	40,8	49,5	44,7	36,4	34,3		
	горох	44,6	55,5	50,7	39,5	28,5		
С, НСР ₀₅ =2,8		32,1	37,0	33,2	27,2	21,4	НСР ₀₅ =7,1 S _x =3,7 %	

3.4. Обменный калий. Динамика содержания обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы на всех вариантах имела общую направленность: незначительное повышение от посева к фазе кущения (на 11 мг/кг), затем устойчивое снижение с достижением минимального уровня к фазе колошения (222 мг/кг), после чего незначительное повышение к фазе полной спелости (на 10 мг/кг). Системы удобрения достоверно увеличивали содержание обменного калия в пахотном слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 31–49 мг/кг. Рекомендованная и расчетная системы удобрения, существенно превышая контроль, обеспечивали достоверную прибавку относительно биологизированной системы на 9–18 мг/кг.

Максимальное содержание обменного калия в 0–20 см слое почвы в течение вегетации озимой пшеницы отмечалось на расчетной системе удобрения, которая значительно превышала как показатель контроля, так и остальные фоны питания по предшественникам: занятый пар – на 31–63 и 9–19 мг/кг, кукуруза на силос – на 35–71 и 3–24 мг/кг, горох – на 34–72 и 5–19 мг/кг соответственно.

4. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Сухая биомасса. В течение вегетации озимой пшеницы на всех вариантах наблюдалась общая динамика накопления сухой биомассы растениями устойчивое повышение по периодам: кущения – выхода в трубку – 3,93 т/га, выхода в трубку – колошения – 3,84 т/га, колошения – полной спелости – 0,68 т/га. Системы удобрения стимулировали накопление сухой массы озимой пшеницы в течение вегетации, разница с контролем после занятого пара составляла 0,10–5,04 т/га, после кукурузы на силос – 0,39–3,60 т/га и после гороха – 0,20–5,45 т/га. Высокая насыщенность удобрениями способствовала тому, что максимальный уровень показателя сформировался на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей остальные варианты после занятого пара на 0,28–5,04 т/га, кукурузы на силос – на 0,19–3,60 т/га, гороха – на 0,22–5,45 т/га соответственно.

Из рассматриваемых предшественников показатели по занятому пару и гороху на всех фонах питания, находясь на одном уровне, превышали аналогичные варианты по кукурузе на силос в среднем по опыту на 0,36–4,23 т/га.

4.2. Химический состав растений

Азот. Динамика содержания основных макроэлементов в растениях в течение вегетации озимой пшеницы в течение вегетации культуры на всех вариантах имела общую направленность – устойчивое снижение от фазы всходов к фазе полной спелости.

Изучаемые системы удобрения повышали содержание азота в растениях озимой пшеницы относительно контроля. Высокая насыщенность рекомендованной и расчетной систем удобрения азотом объясняет формированию значительно более высокого содержания данного элемента в растениях культуры относительно остальных вариантов. Преимущество рекомендованной системы удобрения относительно контроля и биологизированной системы по занятому пару составляло 0,05–0,80%, по кукурузе на силос – 0,03–0,49%, по гороху – 0,03–0,62%. На расчетной системе удобрения отмечалось максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы, значительно превышавшее остальные варианты после занятого пара на 0,05–0,89%, после кукурузы на силос – на 0,07–0,62%, и после гороха – на 0,01–0,79% (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние систем удобрения на содержание азота (%) в растениях озимой пшеницы по различным предшественникам, 2012–2014 гг.

Система удобрения	Предшественник	Фаза вегетации				
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
контроль	занятый пар	4,57	4,11	3,74	3,22	1,86
	кукуруза на силос	3,97	3,44	2,93	2,48	1,75
	горох	4,23	3,72	3,12	2,73	1,83
рекомендованная	занятый пар	5,26	4,85	4,54	3,65	2,30
	кукуруза на силос	4,21	3,76	3,42	2,87	2,08
	горох	4,46	4,05	3,74	3,16	2,18
биологизированная	занятый пар	5,17	4,64	4,32	3,56	2,25
	кукуруза на силос	4,17	3,71	3,28	2,70	2,05
	горох	4,31	3,92	3,48	2,93	2,16
расчетная	занятый пар	5,35	4,92	4,63	3,94	2,35
	кукуруза на силос	4,35	3,89	3,55	3,02	2,15
	горох	4,68	4,25	3,91	3,31	2,19

Из рассматриваемых предшественников максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы в опыте отмечалось на вариантах после занятого пара. Преимущество относительно остальных предшественников в течение вегетации культуры в опыте составляло 0,03–1,12%.

Фосфор. Изучаемые системы удобрения увеличивали содержание фосфора в растениях озимой пшеницы относительно контроля на 0,01–0,19% после занятого пара, на 0,01–0,27% после кукурузы на силос, на 0,01–0,24% после гороха. Максимальная концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы в опыте была отмечена на расчетной системе удобрения, которая значительно превышала контроль и остальные системы удобрения по предшественникам: занятый пар – на 0,05–0,21 и 0,02–0,09%, кукуруза на силос – на 0,07–0,27 и 0,03–0,13%, горох – на 0,06–0,24 и 0,05–0,13% соответственно.

Рассматриваемые предшественники озимой пшеницы существенного влияния на содержание фосфора и калия в растениях культуры не оказали.

Калий. Системы удобрения увеличивали концентрацию калия в растениях озимой пшеницы в течение вегетации относительно контроля на 0,01–0,85% по занятому пару, на 0,01–0,89% по кукурузе на силос, на 0,01–0,83% по гороху. Максимальную концентрацию калия в растениях озимой пшеницы на всех вариантах за счет насыщенности калийными удобрениями обеспечивало применение расчетной системы удобрения, превышавшей контроль и остальные системы удобрения на 0,64–0,85 и 0,42–0,83% по занятому пару, на 0,66–0,89 и 0,43–0,78% по кукурузе на силос, и на 0,61–0,83 и 0,40–0,81% по гороху соответственно.

5. ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

5.1. Структура урожая. Системы удобрения значительно увеличивали показатели структуры урожая относительно контроля в среднем по опыту по числу продуктивных стеблей – на 29–157 шт/м², массе зерна с колоса – на 0,09–0,30 г, массе 1000 зерен на 1,3–3,1 г, биологической урожайности – на 21–68%. Расчетная система удобрения обеспечивала значительное преимущество относительно остальных вариантов по числу продуктивных стеблей – на 77–141 шт/м², биологической урожайности на 11–68%. По другим позициям (параметры колоса и масса 1000 семян) расчетная система удобрения уступали рекомендованной. По большинству из рассматриваемых показателей по занятому пару наблюдалось преимущество относительно остальных предшественников, немного уступали им, а по отдельным показателям и превосходили варианты по гороху.

5.2. Урожайность. Погодно-климатические условия, сложившиеся в период проведения исследований, оказали существенное влияние на урожайность озимой пшеницы. Благодаря наиболее благоприятным погодным условиям максимальная продуктивность озимой пшеницы в среднем по опыту отмечалась в 2014 г. и составляла по предшественникам: 5,92 т/га после занятого пара, 4,86 т/га после кукурузы на силос и 5,79 т/га после

гороха. Урожайность озимой пшеницы в 2012 и 2013 гг. уступала озвученным показателям по предшественникам: занятый пар – на 0,37–2,25 т/га, по кукурузе на силос – на 1,35–2,64 т/га, и по гороху – на 0,56–1,92 т/га.

Системы удобрения увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля на 0,82–2,24 т/га по занятому пару, на 0,74–1,60 т/га по кукурузе на силос и на 1,44–2,42 т/га по гороху. Максимальная урожайность в опыте отмечалась на расчетной системе удобрения, превышавшей остальные варианты на 0,93–2,24 т/га по занятому пару, на 0,95–1,60 т/га по кукурузе на силос, и на 0,59–2,42 т/га по гороху (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние систем удобрения на урожайность (т/га) озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

Система удобрения, А	Предшественник, В			А, НСР ₀₅ = 0,68
	занятый пар	кукуруза на силос	горох	
контроль	3,95	2,71	3,54	3,40
рекомендованная	5,26	3,63	5,37	4,75
биологизированная	4,77	3,45	4,98	4,40
расчетная	6,19	4,31	5,96	5,49
В, НСР ₀₅ = 1,16	5,04	3,46	4,96	НСР ₀₅ = 1,82

Из рассматриваемых предшественников максимальная урожайность озимой пшеницы была получена после занятого пара (3,95–6,19 т/га), незначительно уступала ей урожайность после гороха (3,54–5,96 т/га). Существенно ниже оказалась продуктивность озимой пшеницы после кукурузы на силос (2,71–4,31 т/га).

5.3. Качество зерна. Системы удобрения увеличивали основные показатели качества зерна озимой пшеницы в среднем по опыту относительно контроля: клейковина – на 3,2–7,0%, белок – на 2,9–2,19%, стекловидность – на 4,7–8,7%. Показатель ИДК снижался на 4–17 ед.

Максимальный уровень всех технологических показателей зерна озимой пшеницы в опыте был получен на расчетной системе удобрения, значительно превышавший остальные варианты в опыте по содержанию клейковины на 1,7–7,0% и белка – на 0,24–2,19%, стекловидности – на 2,6–8,7%. Наилучшие результаты по всем рассматриваемым параметрам отмечались на вариантах после занятого пара.

Зерно практически на всех удобренных фонах питания независимо от предшественников соответствовало III классу.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Анализ экономической эффективности применения изучаемых систем удобрения показал, что наиболее эффективным с экономической точки зрения независимо от фонов питания оказалось возделывание озимой пшеницы после занятого пара, в связи с чем, приводим расчеты лишь по данному предшественнику.

Наименее затратным в опыте оказалось применение биологизированной системы удобрения, которая обеспечивала самый низкий уровень себестоимости 1 т продукции, снижая данный показатель относительно остальных вариантов на 156–238 руб. Производственные затраты здесь были ниже, чем на остальных удобренных фонах на 3000-7792 руб.

Расчетная система за счет высокой насыщенности удобрениями, обеспечивала максимальную продуктивность озимой пшеницы по занятому пару – 6,19 т/га. Максимальный уровень рентабельности возделывания озимой пшеницы в опыте после занятого пара отмечался на расчетной системе удобрения, превышая остальные варианты на 4–31% (таблица 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, 2012–2014 гг.

Показатель	Система удобрения			
	контроль	рекомендованная	биологизированная	расчетная
Урожайность, т/га	3,95	5,26	4,77	6,19
Цена 1 т, руб.	8300	9000	9000	9000
Денежная выручка с 1 га, руб.	32785	47340	42930	55710
Затраты труда на 1 га, час.	14,8	18,4	16,9	18,8
Затраты труда на 1 т, час.	3,747	3,498	3,543	3,037
Производственные затраты на 1 га, руб.	18420	24210	21210	29002
Себестоимость 1 т, руб.	4663	4603	4447	4685
Прибыль, руб.	14365	23130	21720	26708
Уровень рентабельности, %	78	105	98	109

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что на расчетной системе удобрения основные показатели экономической эффективности превышали аналогичные результаты остальных фонов. Наименее затратным оказалось применение биологизированной системы удобрения.

ВЫВОДЫ

1. В течение вегетации растений озимой пшеницы в среднем по опыту реакция среды 0–20 см слоя чернозема выщелоченного имела общую направленность – существенное подкисление от посева к фазе колошения на 0,26 ед., после чего отмечалось существенное подщелачивание на 0,20 ед. к наступлению полной спелости культуры.

Существенное подкисление реакции среды относительно контроля наблюдалось на рекомендованной и расчетной системах удобрения (на 0,20 и 0,28 ед. соответственно) и относительно биологизированной системы удобрения (на 0,26 и 0,34 ед. соответственно). Из рассматриваемых предшественников наиболее значительное влияние оказывала кукуруза на силос, достоверно подкисляя реакцию рН относительно остальных предшественников на 0,16–0,22 ед.

2. На основные кислотнo-основные показатели чернозема выщелоченного предшественники озимой пшеницы существенного влияния не оказали.

Изучаемые системы удобрения не изменяли направленности динамики гидролитической кислотности 0–20 см слоя чернозема выщелоченного и существенно увеличивали гидролитическую кислотность относительно контроля на 0,11–0,45 мг-экв/100 г почвы. Максимальное повышение показателя Нг наблюдалось на рекомендованной и расчетной системах удобрения, существенно превышавших контроль в среднем по опыту на 0,29–0,45 мг-экв/100 г почвы.

3. Изучаемые системы удобрения оказывали различное влияние на кислотнo-основные показатели пахотного слоя почвы. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало снижению основных показателей почвенного поглощающего комплекса относительно контроля (мг-экв/100 г почвы): обменного кальция на 0,64–2,82, обменного магния – на 0,38–0,62, суммы поглощенных оснований – на 1,0–3,0.

Применение биологизированной системы удобрения способствовало достоверному повышению отмеченных выше показателей относительно контроля (мг-экв/100 г почвы): обменного кальция – на 0,83–0,93, обменного магния – на 0,10–0,72, суммы поглощенных оснований – на 2,2–2,7.

4. Анализируемые системы удобрения достоверно увеличивали относительно контроля содержание в пахотном слое почвы минерального азота на 4,1–21,7 мг/кг, подвижного фосфора на 2,7–13,6 мг/кг, обменного калия – на 31–49 мг/кг. Максимальное содержание рассматриваемых элементов в почве формировалось на расчетной системе удобрения, существенно увеличивавшей относительно контроля и остальных фонов питания следующие показатели (мг/кг): минеральный азот – по занятому пару

на 12,3–28,4, по кукурузе на силос – на 14,1–26,1, по гороху – на 8,9–29,3, подвижный фосфор – на 4,5–16,6, обменный калий – на 3–72. Предшественники озимой пшеницы на содержание подвижного фосфора и обменного калия существенного влияния не оказали. Содержание в почве минерального азота после занятого пара и гороха достоверно превышало показатели после кукурузы на силос на 5,0 и 3,1 мг/кг соответственно.

5. Изучаемые системы удобрения независимо от предшественников стимулировали накопление сухой массы озимой пшеницы в течение вегетации культуры, разница с контролем составила 0,10–5,45 т/га. Максимальный уровень сухой биомассы в опыте формировался на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей контроль и остальные фоны на 0,63–5,45 и 0,19–3,20 т/га соответственно.

6. Анализируемые системы удобрения способствовали существенной прибавке содержания в растениях озимой пшеницы относительно контроля следующих элементов: азота – на 0,08–0,89%, фосфора – на 0,01–0,27%, калия – на 0,01–0,89%. Максимальная концентрация описанных элементов в растениях озимой пшеницы в опыте наблюдалась на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей контроль и остальные фоны питания по показателям: азот – на 0,36–0,89 и 0,01–0,43%, фосфор – на 0,05–0,27 и 0,02–0,13%, калий – на 0,61–0,89 и 0,40–0,83%. Предшественники озимой пшеницы на содержание фосфора и калия в растениях культуры значительного влияния не оказали. Содержание азота в растениях озимой пшеницы по занятому пару было значительно выше остальных предшественников на контроле на 0,03–0,81%, на рекомендованной – на 0,12–1,12%, на биологизированной – на 0,09–1,04% и на расчетной системе – на 0,16–1,08%.

7. Системы удобрения увеличивали показатели структуры урожая относительно контроля в опыте по количеству продуктивных стеблей – на 29–157 шт/м², массе зерна с колоса – на 0,09–0,30 г, массе 1000 зерен на 1,3–3,1 г, биологической урожайности – на 21–68%. Максимальные результаты по основным показателям независимо от предшественников были зафиксированы на расчетной системе удобрения, увеличивавшей относительно контроля и остальных фонов питания следующие параметры: число стеблей – на 68–158 шт/м², продуктивных стеблей – 77–141 шт/м², биологическую урожайность на 11–68%. Наиболее высокие показатели элементов структуры урожая озимой пшеницы из рассматриваемых предшественников формировались на посевах культуры после занятого пара.

8. Изучаемые системы удобрения достоверно увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля на 0,82–2,24 т/га по занятому пару, на 0,74–1,60 т/га по кукурузе на силос и на 1,44–2,42 т/га по гороху. Максимальная урожайность в опыте была получена на расчетной системе удобрения, превышавшей остальные варианты на 0,93–2,24 т/га

по занятому пару, на 0,95–1,60 т/га по кукурузе на силос, на 0,59–2,42 т/га по гороху. Из рассматриваемых предшественников не зависимо от фона питания максимальная урожайность озимой пшеницы в опыте была получена после занятого пара (3,95–6,19 т/га).

9. Изучаемые системы удобрения увеличивали основные показатели качества зерна озимой пшеницы относительно контроля: клейковину – на 3,2–7,0%, белок – на 2,9–2,19%, стекловидность – на 4,7–8,7%. Показатель ИДК снижался на 4–17 ед. Зерно наилучшего качества в опыте формировалось на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей по основным показателям контроль и остальные системы удобрения по содержанию клейковины на 7,0 и 1,7–3,8%, белка – на 2,19 и 0,24–0,45%, стекловидности – на 8,7 и 2,6–4,0% соответственно. Из рассматриваемых предшественников максимальные результаты по всем параметрам качества полученного урожая отмечались на вариантах после занятого пара.

10. С экономической точки зрения все анализируемые системы удобрения являются эффективными. Биологизированная система, за счет меньшего объема производственных затрат обеспечивала самый низкий уровень себестоимости 1 т продукции относительно остальных вариантов на 156–942 руб. Расчетная система, увеличивая производственные затраты и себестоимость 1 т продукции, повысила продуктивность озимой пшеницы, и увеличивала денежную выручку относительно остальных вариантов по опыту на 5310–27215 руб. Прибыль с 1 га на расчетной системе удобрения превышала остальные варианты по занятому пару на 3578–12343 руб., по кукурузе на силос – на 3856–10382 руб., по гороху – на 1149–14547 руб. Уровень рентабельности здесь увеличивался на 4–36%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для получения продуктивности озимой пшеницы 6,0–6,2 т/га на черноземе выщелоченном после предшественника занятый пар рекомендуется расчетная система удобрения.

2. Для стабилизации кислотно-основных показателей чернозема выщелоченного и получения продуктивности озимой пшеницы 4,8–5,0 т/га рекомендуется биологизированная система удобрения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Айсанов, Т. С.** Влияние систем удобрений на химический состав растений и технологические показатели зерна озимой пшеницы / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, Е. В. Голосной, С. А. Коро-

стылев // Проблемы развития АПК региона. – 2015. – №3(23) – С. 4–7.

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

3. **Айсанов, Т. С.** Динамика агрохимических показателей чернозема выщелоченного и урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников / Т.С. Айсанов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). – С. 648 – 658. – IDA [article ID]: 1051501039. – URL:<http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/39.pdf>.

Публикации в других изданиях:

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

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

3. **Айсанов, Т. С.** Влияние методик определения суммы поглощенных оснований чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности на достоверность данного показателя / Т. С. Айсанов, В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, А. Х. Шеуджен // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе 78-я научно-практическая конференция. – 2014. – С. 18–20.

4. **Айсанов, Т. С.** Динамика минерального азота в пахотном слое чернозема выщелоченного в зависимости от систем удобрения озимой пшеницы / Т. С. Айсанов, А. С. Айсанов // Материалы IV международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса» : Сборник научных трудов. ФГБНУ ВНИИОК, Ставрополь, 2015. – том 1. – вып. 8. – Ставрополь, 2015. – С. 828–830.

5. Сигида, М. С. Урожайность озимой пшеницы в зоне умеренно-го увлажнения в зависимости от систем удобрений и предшественников / М. С. Сигида, **Т. С. Айсанов**, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной, А. С. Айсанов // Материалы IV международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса» : Сборник научных трудов. ФГБНУ ВНИИОК, Ставрополь, 2015. – том 1. – вып. 8. – Ставрополь, 2015. – С. 985–987.