

На правах рукописи

Громова Наталья Викторовна

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ
ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ
ЧЕРНОЗЕМЕ СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2018

Работа выполнена на кафедре агрохимии и физиологии растений
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ставропольский государственный аграрный университет»

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

**Официальные
оппоненты:** **Дзанагов Созырко Хасанбекович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Горский государственный
аграрный университет»,
заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения

Осипов Михаил Алексеевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени И. Т. Трубилина»,
доцент кафедры агрохимии

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Донской государственный
аграрный университет»**

Защита состоится 20 февраля 2019 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, аудитория № 3, тел/факс 8(8652) 34-58-70.

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

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

Автореферат разослан « ____ » _____ 20__ г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Фаизова В. И.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Озимый ячмень – ценная продовольственная, кормовая и техническая культура. По данным ФАО, 48 % всего производства ячменя приходится на промышленную переработку, 36 % – на комбикорма и 16 % – на пищевые цели.

Вследствие важного продовольственного значения озимого ячменя и его способности формировать высокую урожайность посевные площади под этой культурой значительно расширяются. В Ставропольском крае площади под озимым ячменем в 2013 г. составляли 53858 га, а к 2018 г. площади увеличились в два раза, до 144 тыс. га.

Важнейшими задачами, требующими решения при выращивании озимого ячменя, являются увеличение производства зерна, повышение устойчивости зернового хозяйства на основе совершенствования структуры посевных площадей, роста урожайности, эффективного использования минеральных и органических удобрений, улучшения агротехники (Дорожко Г. Р., 2017).

Продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе ценных зерновых культур, зависит от рационально составленной системы удобрений с учетом биоклиматического потенциала края (зоны), особенностей растений и конъюнктуры рынка, что является также одним из важнейших агротехнических приемов повышения плодородия почвы.

В связи с этим представленная диссертационная работа посвящена оптимизации питания растений озимого ячменя на фоне различных способов обработки почвы на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Степень разработанности темы. Изучению эффективности применения минеральных удобрений и способов обработки почвы посвящены следующие работы: Вигель Т. Ф., 1980; Найденев А. С., 1986; Портуровская С. П. и др., 1992; Агеев В. В., 1999; Шеуджен А. Х. и др., 2005; Агафонов В. В., 2010; Дзанагов С. Х., 1999; Есаулко А. Н., 2006; Сигида М. С., 2008; Ерешко А. С., 2012; Бузняков Д. А., 2015; Бельтюков Л. П., 2015; Борищук Р. В., 2013; Нещадим Н. Н., 2016; Бровкина Т. Я., 2018; Громова Н. В., 2017. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что результаты исследований и выводы ученых по влиянию изучаемых приемов на урожайность и качество зерна озимого ячменя не совпадают. Это можно объяснить тем, что расхождения связаны с различными подходами к построению системы удобрений, несовпадающими элементами технологии возделывания культуры, почвенно-климатическими условиями места проведения экспериментов, методикой определения и расчета доз минеральных удобрений.

Подобных исследований на выщелоченном черноземе Ставропольской возвышенности проведено недостаточно, поэтому оптимизация питания культуры, разработка и изучение минеральных и органических удобрений, входящих в системы удобрений, сформированных на различных принципах, с целью повышения урожайности озимого ячменя являются актуальными для науки и производства.

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключалась в определении совместного влияния систем удобрений и способов обработки почвы на по-

казатели почвенного плодородия, урожайность и качество зерна озимого ячменя на черноземе выщелоченном в условиях Ставропольской возвышенности.

Для достижения поставленной цели планировалось решение следующих задач:

- изучить влияние систем удобрений и способов основной обработки почвы на динамику содержания в 0–20 см слое чернозема выщелоченного нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, запасов продуктивной влаги, показателей реакции почвенного раствора в течение вегетации озимого ячменя;
- установить влияние изучаемых приемов на рост, развитие и содержание в растениях N, P₂O₅ и K₂O, элементы структуры, урожайность и качество зерна озимого ячменя;
- рассчитать показатели экономической оценки эффективности сравниваемых систем удобрений и способов обработки почвы.

Научная новизна. Впервые на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности при выращивании озимого ячменя определено влияние систем удобрений и способов обработки почвы на динамику агрохимических показателей почвы, химический состав растений, урожайность и качество зерна культуры.

Определена экономическая эффективность совместного применения систем удобрений и способов основной обработки почвы при выращивании озимого ячменя.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость представленных исследований непосредственно связана с решением актуальных задач повышения эффективности производства озимого ячменя. Предложенные системы удобрений и способы основной обработки почвы могут быть использованы для сохранения и повышения почвенного плодородия чернозема выщелоченного, увеличения урожайности и качества получаемой продукции озимого ячменя.

На основании проведенных экспериментов и их интерпретации получены данные, позволяющие рекомендовать применение расчетной системы удобрений в сочетании с отвальным и безотвальным способами обработки почвы, благодаря которым стало возможным получение максимальной урожайности озимого ячменя сорта Михайло после предшественника озимой пшеницы на черноземе выщелоченном. Для сохранения почвенного плодородия и достижения высоких показателей экономической эффективности производства зерна озимого ячменя рекомендуется биологизированная система удобрений в сочетании с вышеприведенными способами обработки почвы.

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

Методология и методы исследований. Основами методологии исследования явились научно обоснованная постановка проблемы и изучение научных трудов отечественных и зарубежных авторов.

Методы исследований (теоретические, эмпирические) заключались в проведении полевых и лабораторных исследований по общепринятым методикам, статистическом анализе и математической обработке результатов исследований, текстовом и графическом отображении результатов. Полученные в ходе выпол-

нения диссертации экспериментальные данные позволят сформулировать новые рекомендации для возделывания озимого ячменя.

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

Основные положения, выносимые на защиту:

- системы удобрений увеличивают в 0–20 см слое чернозема выщелоченного по сравнению с контролем содержание элементов питания в течение вегетации озимого ячменя, а изучаемые способы обработки почвы не оказывают существенного влияния на содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия;
- применение систем удобрений на отвальном способе основной обработки почвы увеличивает урожайность озимого ячменя;
- экономическая эффективность производства зерна озимого ячменя в большей степени зависит от выбора системы удобрений и погодных условий.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на международных и научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2005–2018 гг.).

По материалам научных исследований опубликовано 12 статей, из них 4 по списку ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 167 страницах машинописного текста, включает 16 таблиц, 5 рисунков, 21 приложение. Список использованной литературы включает 180 источников, из них 9 – зарубежных авторов.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

2.1. Место проведения и схема опытов

Полевые эксперименты проводились в течение пятилетнего периода, который охватывал 2005–2007 гг. и 2016–2017 гг. Стационар кафедры агрохимии и физиологии растений расположен на сельскохозяйственной опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета, представляет собой длительный опыт «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах», зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации.

Рельеф стационара: макрорельеф – Ставропольская возвышенность.

Объектом исследования являлся сорт озимого ячменя Михайло. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону с 1999 г.

Предметом исследования выступили минеральные удобрения и способы обработки почвы и их влияние на урожайность озимого ячменя. Предшественником озимого ячменя является озимая пшеница.

Опыт двухфакторный:

А – системы удобрений в севообороте и дозы удобрений непосредственно под озимый ячмень;

Б – способы основной обработки почвы.

Тип севооборота характерен для зоны неустойчивого увлажнения, относится к зернопропашным со следующим чередованием культур: горохоовсяная смесь (заятой пар), озимая пшеница, озимый ячмень, кукуруза на силос, озимая пшеница, горох, озимая пшеница, яровой рапс, развернут во времени и пространстве.

Размещение вариантов осуществляется с 1978 г. по методу расщепленных делянок, повторность опыта 3-кратная. Размещение повторений является сплошным. Общая площадь делянки составляет 108 м² (7,2*15), а учетная – 50 м².

Согласно утвержденной схеме опыта изучаемые системы удобрений севооборота и дозы удобрений, вносимых непосредственно под культуру, накладывались на варианты с разными способами основной обработки почвы:

- 1 – отвальный способ (обработка ПЛН-4-35 на глубину 20–22 см);
- 2 – безотвальный способ (КПП-250М на 20–22 см).

В севообороте относительно контроля (без удобрений) изучались три системы удобрений:

1. Рекомендованная – с насыщенностью севооборота NPK 115 кг/га + 5 т/га навоза;
2. Биологизированная – с насыщенностью севооборота NPK 63 кг/га + 9 т/га органики, в т. ч. навоз подстилочный 5 т/га;
3. Расчетная – запланирована на получение планируемой урожайности озимого ячменя 5,5 т/га с насыщенностью с севооборота NPK 171 кг/га + 5 т га навоза.

Непосредственно под озимый ячмень вносились определенные дозы удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Система удобрений озимого ячменя (среднее за 2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений	Способ внесения удобрений		
	Основное	Припосевное	Подкормка
Контроль	0	0	0
Рекомендованная	$N_{50}P_{70}K_{30}$	$N_{10}P_{10}$	N_{30}
Биологизированная	Солома 5,8 т/га + N_{40}	$N_{10}P_{10}$	N_{30}
Расчетная	$N_{84}P_{79}K_{32}$	$N_{10}P_{10}$	N_{30}

В качестве минеральных удобрений были использованы: аммофос, аммиачная селитра, нитроаммофос, калий хлористый. В качестве органических удобрений – солома озимой пшеницы.

2.2. Метеорологические условия в годы проведения исследований

По условию увлажнения годы проведения опытов характеризовались следующим образом: 2004/05 сельскохозяйственный год оценивается нами как оптимальный (общая сумма осадков была 567 мм, что выше нормы на 2,9 %) с благоприятным уровнем распределения сумм осадков согласно фазам развития озимого ячменя; 2005/06 – как удовлетворительный с достаточно ровным распределением осадков в критические периоды потребления влаги культурой, несмотря на незначительное количество выпавших осадков за её вегетацию; 2006/07 – как неблагоприятный, а количество выпавших осадков оказалось меньше многолетних показателей на 63 мм, что в совокупности с неравномерным распределением их по фа-

зам вегетации культуры на фоне повышения температурного режима (+2,5 °С) создало неблагоприятные условия для вегетации озимого ячменя; 2015/16 был удовлетворительным, а общая сумма осадков превысила норму на 46 мм; 2016/17 оказался удовлетворительным, общее количество выпавших осадков было выше на 110,3 мм по сравнению со среднегодовыми данными, что в совокупности с неравномерным распределением их по фазам вегетации культуры создало неблагоприятные условия для роста и развития озимого ячменя.

Полевые исследования проводились в годы с повышенным температурным режимом, и разница со среднегодовой нормой составила в 2004/05 сельскохозяйственном году – 1,0 °С, в 2005/06 – 0,8 °С, в 2006/07 – 2,4 °С, в 2015/16 – 1,9 °С, в 2016/17 – 0,2 °С.

Таким образом, нам представилась возможность провести исследования в годы, когда погодные условия существенно отличались как между собой, так и по сравнению с многолетними значениями.

2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований

В процессе исследования проводились следующие наблюдения, учеты и анализы. В почвенных образцах определяли нитратный азот ионометрическим методом с помощью ионоселективного электрода, ГОСТ 26951–86; подвижные формы фосфора и обменного калия по Мачигину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205–91; влажность почвы весовым методом по Б. А. Доспехову (1987); pH почвы – в водной суспензии, ГОСТ 26423–85.

Отбор растительных и почвенных проб и их анализ приурочены к основным фазам развития озимого ячменя: кущение, выход в трубку, колошение, полная спелость.

Во время вегетации озимого ячменя осуществляли определение содержания в растениях азота, фосфора и калия в прописи В. Г. Минеева (2004); определение линейного роста, массу растений, структуру урожайности по методике Госсортоиспытания (1983); учет урожая – методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту сплошным методом (1983); анализ качества зерна озимого ячменя: белок (ГОСТ 10846–91), сырой жир (ГОСТ 23637–79); сырая зола (ГОСТ 26226–84); определение природы (ГОСТ 10840–2017), определение массы 1000 зерен (ГОСТ 10842–89); математическую обработку экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионными методами (Б. А. Доспехов, 1985); экономическая эффективность применения систем удобрений, способов и приемов обработки почвы рассчитана по технологическим картам, с использованием действующих нормативных затрат и цен (2018 г.);

3. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА ВОДНЫЙ И ПИЩЕВОЙ РЕЖИМЫ ПОЧВЫ

3.1. Влияние систем удобрений и способов обработки на динамику запасов продуктивной влаги на черноземе выщелоченном в посевах озимого ячменя

Наибольшие показатели запасов продуктивной влаги в опыте отмечались перед посевом озимого ячменя, затем наблюдалось постепенное снижение с достижением минимальных значений перед уборкой культуры. Так, на естествен-

ном агрохимическом фоне запасы продуктивной влаги в среднем за вегетацию в 0–20 см слое почвы составили 23,0 мм (таблица 2). Применяемые удобрения в дозах $N_{90}P_{80}K_{60}$ и $N_{124}P_{89}K_{32}$ оказывали существенное снижение показателя влагообеспеченности по сравнению с контролем – на 4,8 и 8,3 % соответственно. На варианте при внесении непосредственно под культуру органических (солома 5,8 т/га) и минеральных ($N_{80}P_{10}$) удобрений на биологизированной системе удобрений содержание продуктивной влаги оказалось на уровне контрольного варианта (23,0 мм), что говорит о более экономном расходовании влаги на формирование единицы продукции в условиях данной системы.

Таблица 2 – Динамика запасов продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое почвы в посевах озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений, А	Способ обработки почвы, В	Срок отбора образцов, С				А, $HCP_{05} = 0,82$	В, $HCP_{05} = 0,62$
		Перед посевом	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Отвальный	25,6	25,8	21,8	17,1	23,0	21,9
	Безотвальный	27,5	26,3	22,4	17,3		22,7
Рекомендованная ($N_{90}P_{80}K_{60}$)	Отвальный	26,0	24,5	19,8	15,9	21,9	
	Безотвальный	27,7	24,9	20,1	16,2		
Биологизированная ($N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т га)	Отвальный	26,5	25,4	22,1	16,5	23,0	
	Безотвальный	28,3	26,2	22,4	16,7		
Расчетная ($N_{124}P_{89}K_{32}$)	Отвальный	25,3	23,6	19,2	14,5	21,1	
	Безотвальный	27,6	24,4	19,6	14,8		
С, $HCP_{05} = 0,82$		26,8	25,1	20,9	16,1	$HCP_{05} = 2,2$	

Применение расчетной системы удобрений приводило к снижению запасов влагообеспеченности в среднем за вегетацию по сравнению с контрольным вариантом – без удобрений и вариантом $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га на 1,9 мм, а по сравнению с применяемой дозой удобрения $N_{90}P_{80}K_{60}$ на 0,8 мм.

Способы обработки почвы оказали достоверное влияние на влагообеспеченность слоя 0–20 см почвы. В среднем по опыту на варианте с применением отвального способа обработки почвы запасы продуктивной влаги достоверно уступали значениям по сравнению с безотвальным на 0,8 мм.

Внесение непосредственно под культуру $N_{90}P_{80}K_{60}$ рекомендованной системы удобрений и $N_{124}P_{89}K_{32}$ расчетной системы в среднем по опыту обеспечивало достоверное снижение запасов продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы на 1,1 и 1,9 мм соответственно.

Определенный научный интерес представляют данные по динамике продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Все изучаемые системы удобрений снижали показатель влагообеспеченности относительно естественного агрохимического фона в метровом профиле чернозема выщелоченного на 1,7–8 мм. На вариантах с внесением непосредственно

под культуру $N_{90}P_{80}K_{60}$ рекомендованной системы удобрений и $N_{124}P_{89}K_{32}$ расчетной системы удобрений отмечалось достоверное снижение влагообеспеченности в метровом слое почвы не только по сравнению с контролем, но и с вариантом с дозой $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га, соответствующим биологизированной системе удобрений.

Применение безотвального способа обработки почвы (139,1 мм) достоверно увеличило влагообеспеченность метрового слоя почвы по сравнению с отвальным способом обработки почвы (133,8 мм) на 5,3 мм.

3.2. Реакция почвенного раствора

Системы удобрений и способы основной обработки почвы оказывали разнонаправленное влияние на реакцию почвенного раствора. При непосредственном внесении расчетной системы удобрений в дозе $N_{124}P_{89}K_{32}$ и рекомендованной системы удобрений в дозе $N_{90}P_{80}K_{60}$ достоверно снижалось значение рН по сравнению с контролем на 0,21–0,35 ед. (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика реакции почвенной среды (ед.) в слое почвы 0–20 см в посевах озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы, В	Срок отбора образцов, С					А, $HCP_{05} = 0,16$	В, $HCP_{05} = 0,22$
		Перед посевом	Кушение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Контроль (без удобрения)	Отвальный	6,32	5,99	5,86	5,71	6,01	5,96	5,84
	Безотвальный	6,3	5,94	5,81	5,67	5,96		5,80
Рекомендованная ($N_{90}P_{80}K_{60}$)	Отвальный	5,8	5,76	5,74	5,66	5,78	5,75	
	Безотвальный	5,96	5,72	5,7	5,6	5,73		
Биологизированная ($N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га)	Отвальный	6,36	5,97	5,86	5,8	6,09	5,98	
	Безотвальный	6,3	5,93	5,81	5,72	6		
Расчетная ($N_{124}P_{89}K_{32}$)	Отвальный	5,77	5,62	5,62	5,53	5,61	5,61	
	Безотвальный	5,71	5,57	5,56	5,5	5,56		
С, $HCP_{05} = 0,16$		6,07	5,81	5,75	5,65	5,84	$HCP_{05} = 0,56$	

В среднем по опыту на вариантах с применением отвального способа обработки почвы в посевах озимого ячменя реакция почвенного раствора несущественно увеличивалась на 0,04 ед. по сравнению с безотвальным способом обработки почвы.

Дисперсионный анализ полученных результатов дает нам право утверждать о несущественном влиянии изучаемых приемов на реакцию почвенной среды в 0–20 см слое почвы, так как разница между вариантами не превышала показатель HCP для частных различий по опыту.

3.3. Динамика содержания нитратного азота

В результате исследований было установлено, что наибольшее содержание азота в нитратной форме в слое почвы 0–20 см на всех фонах питания отмечается

в фазу кущения, а минимальные значения были отмечены к фазе полной спелости. По сравнению с естественным агрохимическим фоном изучаемые системы удобрений способствовали достоверному увеличению содержания азота в нитратной форме в слое почвы 0–20 см в пределах 8,90–14,4 мг/кг (таблица 4).

При отвальном способе обработки почвы достоверно (0,90 мг/кг) превысилась содержание нитратного азота в 0–20 см слое почвы по сравнению с безотвальным.

Таблица 4 – Динамика содержания (мг/кг) нитратного азота в 0–20 см слое почвы в посевах озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы, В	Срок отбора образцов, С					А, НСР ₀₅ = =0,82	В, НСР ₀₅ = =0,44
		Перед посе- вом	Куще- ние	Выход в труб- ку	Коло- шение	Полная спе- лость		
Контроль (без удобрения)	Отвальный	8,5	9,1	6,9	6,7	3,6	6,7	15,8
	Безотвальный	7,6	8,6	5,4	6,6	3,7		14,9
Рекомендованная (N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀)	Отвальный	20,8	26,4	14,3	10,6	8,4	15,6	
	Безотвальный	19,7	24,7	13,1	10,9	7,1		
Биологизированная (N ₈₀ P ₁₀ + солома 5,8 т/га)	Отвальный	13,7	29,3	22,5	14,6	12	17,9	
	Безотвальный	12,6	28,8	20,7	13,5	10,8		
Расчетная (N ₁₂₄ P ₈₉ K ₃₂)	Отвальный	22,4	31,0	23,8	17,3	14,3	21,1	
	Безотвальный	20,9	30,3	21,9	16,2	13,8		
С, НСР ₀₅ = 0,94		15,8	23,5	16,1	12,1	9,2	НСР ₀₅ = 2,2	

Значение показателя НСР для частных различий по опыту дает нам право утверждать о существенном воздействии исследуемых приемов на количество нитратного азота в слое чернозема выщелоченного 0–20 см в посевах озимого ячменя.

Вследствие проникновения корневой системы озимого ячменя до глубины 50 см и высокой подвижности азота в нитратной форме мы изучали динамику содержания NO₃ в 20–40 см слое почвы.

Системы удобрений способствовали достоверному увеличению концентрации азота в нитратной форме в слое почвы 20–40 см на 3,5–9,4 мг/кг по отношению к контролю. Концентрация нитратного азота в этом слое почвы в фазу «выход в трубку» озимого ячменя была 14,1 мг/кг и характеризовалась как наибольшая, впоследствии наблюдалось устойчивое уменьшение показателя к фазе полной спелости, который составил 11 мг/кг. Использование отвального способа обработки почвы существенно, на 0,8 мг/кг, увеличивало концентрацию азота в нитратной форме в слое чернозема выщелоченного 20–40 см по сравнению с безотвальным способом обработки почвы.

3.4. Динамика содержания подвижного фосфора

Динамика изменения концентрации подвижного фосфора на всех вариантах опыта имела одну направленность – это неуклонное снижение с фазы кущения и на протяжении всей вегетации с получением минимальных значений в фазу полной спелости озимого ячменя.

Все исследуемые системы удобрений способствовали существенному увеличению концентрации фосфора в подвижной форме в слое почвы 0–20 см относительно контроля на 2,1–7,4 мг/кг почвы (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы в посевах озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы, В	Срок отбора образцов, С					А, НСР ₀₅ = 1,1	В, НСР ₀₅ = 0,60
		Перед посевом	Кушение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Контроль (без удобрения)	Отвальный	20,0	22,5	21,9	19,2	14,8	19,3	23,3
	Безотвальный	19,1	21,1	20,5	18,0	15,4		22,4
Рекомендованная (N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀)	Отвальный	24,9	28,1	26,0	22,5	20,0	23,9	
	Безотвальный	24,2	27,4	25,1	21,9	19,2		
Биологизированная (N ₈₀ P ₁₀ + солома 5,8 т/га)	Отвальный	21,4	26,6	24,2	20,0	17,3	21,4	
	Безотвальный	20,0	25,6	23,2	18,7	16,5		
Расчетная (N ₁₂₄ P ₈₉ K ₃₂)	Отвальный	26,9	32,4	28,5	25,3	22,4	26,7	
	Безотвальный	26,4	31,5	27,6	24,2	21,8		
С, НСР ₀₅ = 1,1		22,9	26,9	24,6	21,2	18,4	НСР ₀₅ = 2,6	

Минимальное количество подвижного фосфора в посевах озимого ячменя было получено при внесении под озимый ячмень N₈₀P₁₀ + солома 5,8 т/га – 21,4 мг/кг, показатель оказался больше контроля на 2,1 мг/кг и ниже значений при применении N₉₀P₈₀K₆₀ и N₁₂₄P₈₉K₃₂ на 2,5 и 5,3 мг/кг почвы соответственно.

В среднем по опыту применение отвального способа обработки почвы достоверно, на 0,9 мг/кг, увеличивало количество подвижного фосфора по сравнению с применением безотвального способа обработки почвы.

Математическая обработка полученных данных позволила установить тесную взаимосвязь между дозами удобрения N₉₀P₈₀K₆₀ и N₁₂₄P₈₉K₃₂ и сравнимыми способами обработки почвы: в период всей вегетации озимого ячменя концентрация фосфора в подвижной форме в слое почвы 0–20 см была существенно выше значений контроля. Применение биологизированной системы удобрений (N₈₀P₁₀ + солома 5,8 т/га) на фоне отвального и безотвального способов обработки почвы несущественно увеличивало концентрацию подвижного фосфора в слое чернозема выщелоченного 0–20 см по отношению к показателям естественного агрохимического фона за исключением фазы кушения. По нашему мнению, это связано с особенностями построения биологизированной системы удобрений, составом и дозами органических и минеральных удобрений.

3.5. Динамика содержания обменного калия

Все исследуемые системы удобрений в среднем по опыту повышали концентрацию обменного калия в почве по сравнению с контрольным вариантом на 4–21 мг/кг почвы. Наибольшее количество обменного калия фиксируется

на вариантах с внесением $N_{124}P_{89}K_{32}$ – 272 мг/кг почвы, показатель превышал контроль на 21 мг/кг почвы. При использовании удобрения в дозе $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га концентрация обменного калия оказалась 267 мг/кг почвы, что было существенно выше варианта с дозой $N_{90}P_{80}K_{60}$ и контрольного варианта на 12 и 16 мг/кг почвы соответственно и несущественно ниже (5 мг/кг почвы) относительно варианта с дозой $N_{124}P_{89}K_{32}$ (таблица 6).

Таблица 6 – Динамика содержания (мг/кг) обменного калия в 0–20 см слое почвы в посевах озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы, В	Сроки отбора образцов, С					А, $HCP_{05} = 9,6$	В, $HCP_{05} = 9,2$
		Перед посе- вов	Куше- ние	Выход в трубку	Колоше- ние	Полная спе- лость		
Контроль (без удобрения)	Отвальный	246	268	250	246	231	251	259
	Безотвальный	252	272	258	252	234		264
Рекомендован- ная ($N_{90}P_{80}K_{60}$)	Отвальный	248	263	263	253	244	255	
	Безотвальный	255	265	265	256	239		
Биологизиро- ванная ($N_{80}P_{10}$ + + солома 5,8 т/га)	Отвальный	265	274	277	263	246	267	
	Безотвальный	270	279	281	267	251		
Расчетная ($N_{124}P_{89}K_{32}$)	Отвальный	270	283	276	271	250	272	
	Безотвальный	275	288	280	275	255		
С, $HCP_{05} = 11,8$		260	274	269	260	244	$HCP_{05} = 25,0$	

Анализ средних данных по опыту позволил установить, что отвальный способ обработки почвы в посевах озимого ячменя несущественно снижал содержание обменного калия (5 мг/кг почвы) по сравнению с применением безотвального способа обработки почвы.

При дисперсионном анализе совместного влияния изучаемых факторов было установлено положительное влияние сочетания систем удобрений и способов обработки почвы на содержание обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, но разница с контролем оказалось несущественной, о чем свидетельствует значение HCP для частных различий по опыту ($HCP_{05} = 25,0$).

4. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

4.1. Динамика линейного роста растений озимого ячменя

Изучаемые системы удобрений оказали существенное влияние на линейный рост растений озимого ячменя. На расчетной системе удобрений с непосредственным внесением под озимый ячмень $N_{124}P_{89}K_{32}$ отмечалась максимальная высота растений по сравнению не только с показателями контрольного варианта, но и со значениями других изучаемых в опыте систем удобрений, разница составила 8–18 см (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на динамику линейного роста(см) растений озимого ячменя (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы, В	Фаза развития, С				А, НСР ₀₅ = 3,1	В, НСР ₀₅ = 2,6
		Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Контроль (без удобрения)	Отвальный	17	38	51	56	40	50,4
	Безотвальный	16	35	49	55		48,3
Рекомендованная (N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀)	Отвальный	21	46	61	72	48	
	Безотвальный	19	41	57	70		
Биологизированная (N ₈₀ P ₁₀ + солома 5,8 т/га)	Отвальный	22	49	64	75	52	
	Безотвальный	20	47	63	72		
Расчетная (N ₁₂₄ P ₈₉ K ₃₂)	Отвальный	25	57	70	83	58	
	Безотвальный	23	55	67	84		
С, НСР ₀₅ = 2,7		20	46	60	71	НСР ₀₅ = 4,6	

При применении отвального способа обработки почвы отмечалось положительное влияние на динамику линейного роста растений озимого ячменя по сравнению с безотвальным способом обработки, но разница между средними данными по опыту оказалась несущественной – 2,1 см.

Дисперсионный анализ полученных результатов дает нам право утверждать о существенном влиянии при внесении под озимый ячмень дозы N₁₂₄P₈₉K₃₂ в расчетной системе удобрений, вне зависимости от способа обработки почвы, на динамику линейного роста растений в течение вегетации культуры, о чем свидетельствует показатель НСР для частных различий по опыту (НСР_{0,5} = 4,6).

Применение систем удобрений оказало достоверное влияние на динамику линейного роста растений озимого ячменя, и разница по сравнению с контролем в среднем по опыту составила 8–18 см. Применение отвального способа обработки способствовало недостоверному увеличению линейного роста растений озимого ячменя в среднем по опыту по сравнению с безотвальным способом обработки почвы, и разница составила 2,1 см. Максимальные показатели линейного роста растений в течение вегетации озимого ячменя формируются на варианте с дозой N₁₂₄P₈₉K₃₂ на фоне изучаемых способов обработки почвы.

4.2. Динамика накопления сухого вещества растениями озимого ячменя

Все изучаемые системы удобрений оказывали существенное влияние на накопление сухой биомассы растениями озимого ячменя в течение вегетационного периода, и разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном в среднем составила 28–112 г/м² (таблица 8).

При применении отвального способа обработки почвы существенно, на 64 г/м², увеличивалось накопление сухой биомассы растений озимого ячменя по сравнению с безотвальным способом обработки почвы.

Таблица 8 – Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на накопление сухого вещества (г/м²) растениями озимого ячменя

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы, В	Фазы развития, С				А, НСР ₀₅ = = 26,4	В, НСР ₀₅ = = 34,2
		Куще- ние	Выход в трубку	Коло- шение	Полная спелость		
Контроль (без удобрения)	Отвальный	64	310	726	809	462	547
	Безотвальный	51	297	687	755		483
Рекомендован- ная (N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀)	Отвальный	73	362	787	875	490	
	Безотвальный	63	316	634	809		
Биологизирован- ная (N ₈₀ P ₁₀ + со- лома 5,8 т/га)	Отвальный	81	391	862	949	534	
	Безотвальный	72	348	704	864		
Расчетная (N ₁₂₄ P ₈₉ K ₃₂)	Отвальный	94	420	915	1040	574	
	Безотвальный	81	386	749	914		
С, НСР ₀₅ = 21,4		72	354	758	877	НСР ₀₅ = 51,3	

Дисперсионный анализ полученных результатов позволил нам установить, что на варианте расчетной системы удобрений с непосредственным внесением под озимый ячмень N₁₂₄P₈₉K₃₂ в сочетании с отвальным и безотвальным способами обработки почвы отмечается существенное влияние на накопление сухой массы растений озимого ячменя во второй половине вегетации культуры (колошение – полная спелость) по сравнению с контролем и другими системами удобрений, что подтверждается показателями наименьшей существенной разницы для частных различий по опыту (НСР_{0,5} = 51,3 г/м²).

4.3. Содержание азота

Непосредственное внесение под озимый ячмень N₁₂₄P₈₉K₃₂ расчетной системы удобрений и N₉₀P₈₀K₆₀ рекомендованной системы удобрений достоверно увеличивало содержание азота в растениях озимого ячменя на 0,27 % и 0,14 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом. На варианте при внесении непосредственно под культуру N₈₀P₁₀ + солома 5,8 т/га биологизированной системы удобрений содержание азота составило 2,30 %, что несущественно выше контроля на 0,08 % (рисунок 1).

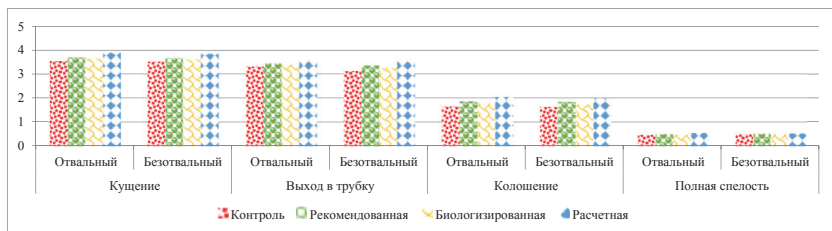


Рисунок 1 – Динамика содержания (%) азота в растениях озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Статистическая обработка данных в среднем по опыту позволила установить, что при применении отвального способа обработки почвы содержание азота в растениях озимого ячменя оказалось несущественно выше (на 0,04 %) по сравнению с безотвальной обработкой почвой.

Статистическая обработка полученных результатов показала, что совместное влияние систем удобрений и способов обработки почвы, несмотря на положительное влияние на содержание азота в растениях в течение вегетации озимого ячменя, оказалось недостоверным, что подтверждается значением НСР для частных различий по опыту ($НСР_{05} = 0,15 \%$).

Достоверное увеличение азота в растениях озимого ячменя обеспечивалось при внесении непосредственно под озимый ячмень $N_{124}P_{89}K_{32}$ расчетной системы удобрений и $N_{90}P_{80}K_{60}$ рекомендованной системы удобрений существенно. На варианте с применением биологизированной системы удобрений с непосредственным внесением под озимый ячмень $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га содержание азота в растениях существенно не увеличивается. Между способами обработки почвы достоверной разницы по содержанию азота в растениях озимого ячменя не установлено.

4.4. Содержание фосфора

Изучаемые в опыте системы удобрений увеличивали содержание фосфора в растениях озимого ячменя. По сравнению с контролем только непосредственное внесение под озимый ячмень $N_{124}P_{89}K_{32}$ в расчетной системе удобрений существенно, на 0,05 %, увеличивало среднее по опыту содержание фосфора в растениях, а внесение $N_{90}P_{80}K_{60}$ в рекомендованной системе удобрений и $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га в биологизированной системе удобрений на данный показатель оказалось несущественным (рисунок 2).

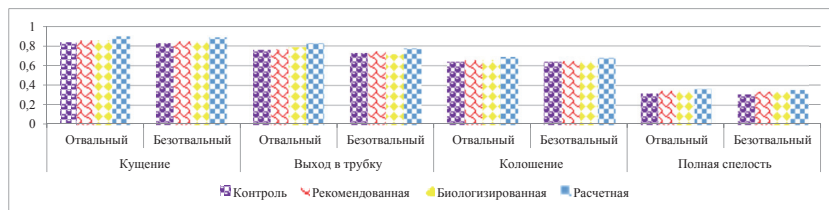


Рисунок 2 – Динамика содержания (%) фосфора в растениях озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Изучение влияния способа обработки почвы на накопление фосфора в растениях ячменя показало, что максимальное содержание элемента было при применении отвального способа – 0,69 %, что недостоверно выше, чем при безотвальном способе, на 0,67 %.

Дисперсионный анализ представленных результатов позволил установить несущественное влияние совместного действия изучаемых факторов на содержание фосфора в растениях во все фазы развития озимого ячменя.

Системы удобрений увеличивали содержание фосфора в растениях озимого ячменя, но существенное его увеличение обеспечивала только расчетная система удобрений. Отвальный способ обработки почвы недостоверно увеличивал содер-

жание элемента в растениях культуры по сравнению с безотвальным способом обработки почвы.

4.5. Содержание калия

Все изучаемые системы удобрений увеличивали содержание калия в растениях по сравнению с естественным агрохимическим фоном. Наибольшее среднее по опыту содержание калия в растениях отмечалось при применении расчетной системы удобрений – 2,24 %, что было достоверно выше по сравнению с контролем. Применение удобрений в дозе $N_{90}P_{80}K_{60}$ и $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га несущественно увеличивало содержание калия в растениях озимого ячменя по сравнению с контролем, и разница составила 0,05 % (рисунок 3).

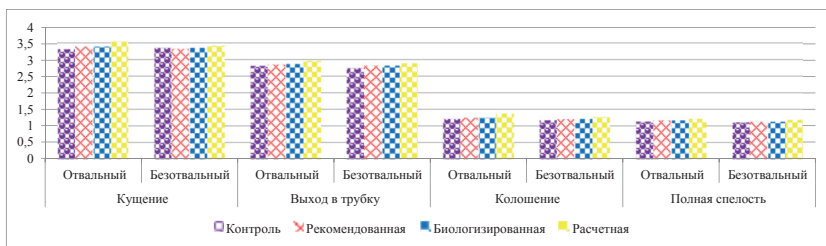


Рисунок 3 – Динамика содержания (%) калия в растениях озимого ячменя в зависимости от систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Нами не отмечено существенных различий при определении содержания калия в растениях ячменя в зависимости от способа обработки почвы. Применение отвального способа обработки почвы несущественно увеличивало содержание калия в растениях озимого ячменя по сравнению с безотвальным способом обработки почвы.

Анализ взаимосвязи изучаемых факторов не позволил установить достоверное влияние систем удобрений в сочетании со способами обработки почвы на содержание калия в растениях в течение вегетации озимого ячменя, о чем косвенно свидетельствует НСР для частных различий по опыту. В то же время на фоне отвального способа обработки почвы относительно динамики содержания калия в растениях озимого ячменя мы отмечаем устойчивое преимущество вариантов с внесением систем удобрений.

5. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

5.1. Формирование структуры урожая

На всех способах обработки почвы изучаемые системы удобрений обеспечили положительное влияние на структурные показатели озимого ячменя по сравнению с контрольным вариантом.

Системы удобрений оказали определенное влияние на параметры структуры озимого ячменя. Применение систем удобрений способствовало увеличению по

сравнению с контролем: количества растений – на 11–32 шт/м²; всего стеблей – на 58–101 шт/м²; количества стеблей с колосом – на 63–121 шт/м², массы 1000 зерен – на 0,75–1,65 г/м².

Среди всех изучаемых систем удобрений наибольшие значения структурных параметров урожая озимого ячменя были отмечены на вариантах с использованием отвального способа обработки почвы.

Внесение под озимый ячмень N₁₂₄P₈₉K₃₂ обеспечило максимальное увеличение показателей по отношению к контролю, разница составила: число растений – 32–33 шт/м², количество стеблей – 83–118 шт/м², всего стеблей с колосом – 114–127 шт/м², длина колоса – 0,6–0,7 см, масса зерна – 0,12–0,15 г, масса 1000 зерен – 1,6–1,7 г. Биологизированная и рекомендованная системы удобрений увеличивали структурные показатели озимого ячменя относительно контрольного варианта, но уступали расчетной системе удобрений.

5.2. Урожайность зерна

В среднем по опыту применяемые системы удобрений достоверно увеличивали урожайность озимого ячменя относительно контрольного варианта на 0,94–1,91 т/га. Максимальную урожайность обеспечивала расчетная система удобрений, и разница с контролем составила 1,91 т/га. Использование рекомендованной и биологизированной систем удобрений также существенно увеличивало урожайность, на 0,94–1,07 т/га, озимого ячменя по сравнению с контролем (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на урожайность (т/га) озимого ячменя (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Обработка почвы, В		А, НСР т/га = 0,27
	Отвальный способ обработки почвы	Безотвальный способ обработки почвы	
Контроль (без удобрения)	3,61	3,28	3,45
Рекомендованная (N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀)	4,52	4,26	4,39
Биологизированная (N ₈₀ P ₁₀ + солома 5,8 т/га)	4,70	4,34	4,52
Расчетная (N ₁₂₄ P ₈₉ K ₃₂)	5,51	5,21	5,36
В, НСР т/га = 0,28	4,59	4,27	НСР, т/га = 0,50

В среднем по опыту применение отвального способа обработки почвы существенно увеличивало урожайность культуры по отношению к безотвальному способу обработки почвы, на 0,32 т/га.

Следует отметить, что величина НСР для частных различий показала на варианте с расчетной системой удобрений достоверное увеличение урожайности озимого ячменя как с контролем, так и с внесением под культуру N₉₀P₈₀K₆₀ и N₈₀P₁₀ + солома 5,8 т/га. Разница при отвальном способе обработки почвы была в пределах 0,81–1,9, а на безотвальном – 0,87–1,93 т/га.

Применяемые системы удобрений оказали значительное влияние на формирование урожайности озимого ячменя, и разница относительно контрольного варианта составила: на безотвальном способе – 0,98–1,93, на отвальном – 0,91–1,9 т/га. Использование отвального способа обработки почвы способствовало до-

стоверному увеличению урожайности озимого ячменя на 0,32 т/га по отношению к безотвальному способу обработки почвы. В среднем за пять лет планируемый уровень урожайности озимого ячменя, 5,5 т/га, был получен при внесении под культуру $N_{124}P_{89}K_{32}$ на фоне отвального способа обработки почвы.

5.3. Качество зерна

В среднем по опыту применение систем удобрений существенно влияло на содержание белка в зерне озимого ячменя, разница с контролем составила на отвальном способе обработки почвы – 0,5–1,1 %, на безотвальном – 0,6–1,1 %.

Максимальные показатели белка обеспечивала расчетная система удобрений, что существенно, на 1,1 %, выше значений контроля. Применение под культуру $N_{90}P_{80}K_{60}$ и $N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га способствовало увеличению содержания белка в зерне озимого ячменя относительно контрольного варианта на 0,5–0,7 %, но было существенно меньше данных при внесении под культуру $N_{90}P_{80}K_{60}$ (таблица 10).

Таблица 10 – Технологические качества зерна озимого ячменя в зависимости от применяемых систем удобрений и способов обработки почвы (2005–2007, 2016–2017 гг.)

Система удобрений (доза удобрений под культуру), А	Способ обработки почвы	Белок, %	Жир, %	Зола, %	Крахмал, %	Натура, г/л
Контроль (без удобрения)	Отвальный	13,3	2,73	2,79	44,8	625
	Безотвальный	13,0	2,71	2,77	44,5	621
Рекомендованная ($N_{90}P_{80}K_{60}$)	Отвальный	13,8	2,85	2,86	46,6	647
	Безотвальный	13,6	2,83	2,85	46,3	642
Биологизированная ($N_{80}P_{10}$ + солома 5,8 т/га)	Отвальный	14,0	3,06	2,93	46,4	664
	Безотвальный	13,7	3,03	2,91	46,1	651
Расчетная ($N_{124}P_{89}K_{32}$)	Отвальный	14,6	3,17	3,09	47,5	675
	Безотвальный	14,1	3,12	3,05	46,9	671

Изучаемые в опыте системы удобрений положительно влияли на формирование качественных показателей зерна озимого ячменя. На удобренных вариантах относительно контрольного варианта увеличивалось содержание: белка – на 0,5–1,3; жира – на 0,12–0,44; крахмала – на 1,8–2,7; золы – на 0,07–0,30 % и натуры зерна – на 22–50 г/л. Максимальные параметры качества зерна озимого ячменя обеспечила расчётная система удобрений, они достоверно превосходили показатели контроля. Максимальные значения показателей качества зерна озимого ячменя были отмечены на вариантах с использованием отвального способа обработки почвы.

6. РАСЧЁТ ВЫНОСА И БАЛАНСА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

Более высокая продуктивность озимого ячменя, полученная на различных системах удобрений, способствовала увеличению выноса элементов минерального питания относительно естественного агрохимического фона (контроля), при отвальном способе обработки почвы на 25,2–52,6 и при безотвальном на 29,9–58,8 %.

Наибольший вынос элементов питания отмечается на расчетной системе удобрений и в зависимости от обработки почвы превышает показатели неудобренного варианта на 52,6–58,8 %.

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

На отвальном способе обработки почвы системы удобрений по сравнению с естественным агрохимическим фоном увеличивали: урожайность – на 25–53 %, денежную выручку – на 7735–16150 руб. В связи с применяемыми дозами минеральных удобрений, внесённых под озимый ячмень, по сравнению с контролем увеличивались затраты труда на 1 га на 10–20, производственные затраты – на 20–37 %. Себестоимость 1 т продукции по сравнению с контролем на вариантах с биологизированной и расчетной системами удобрений уменьшилась на 451–566 руб., а на варианте с рекомендованной системой удобрений себестоимость 1 т увеличилась на 364 руб.

На безотвальном способе обработки почвы изучаемые системы удобрений по сравнению с естественным агрохимическим фоном увеличивали урожайность на 30–59 %, денежную выручку – на 8330–16405 руб. Так же, как и на отвальном способе обработки почвы, увеличивались затраты труда на 1 га на 11–23, производственные затраты – на 19–38 %. Себестоимость 1 т продукции по сравнению с контролем на вариантах с биологизированной и расчетной системами удобрений уменьшилась на 605–776 руб., а на варианте с рекомендованной системой удобрений себестоимость 1 т увеличилась на 175 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определяющее влияние на рН почвенного раствора оказала обеспеченность рекомендованной, биологизированной и расчетной систем минеральными и органическими удобрениями. Такие системы в опыте, как рекомендованная и расчетная, с наибольшей насыщенностью минеральными удобрениями способствовали повышению кислотности среды на 0,21–0,35 ед. в период весеннего кущения – колосения как относительно контрольного варианта, так и биологизированной системы, характеризующейся наименьшей обеспеченностью минеральными удобрениями и наибольшим количеством органических удобрений, в 0–20 см слое почвы. Тем самым биологизированная система способствовала повышению буферности почвы в период роста и развития озимого ячменя, водородный показатель с данного варианта 5,98 ед., что соответствует значениям с контрольного варианта. Достоверного влияния на рН 0–20 см слоя чернозема выщелоченного безотвальный и поверхностный способы основной обработки не оказывали.

Применение $N_{90}P_{80}K_{60}$, $N_{80}P_{10} + 5,8$ т/га соломы, $N_{124}P_{89}K_{32}$ на рекомендованной, биологизированной и расчетной системах удобрений соответственно обеспечило достоверную разницу по обеспеченности в пахотном 0–20 см и подпахотном 20–40 см слоях. Разница со значениями, полученными со слоев 0–20 и 20–40 см контрольного варианта, составила 8,9–14,4 и 3,5–9,4 мг/кг соответственно. Длительное применение биологизированной системы в севообороте ($N_{80}P_{10} + 5,8$ т/га соломы) при условии минимальной насыщенности минеральными и максимальном применении органических удобрений обеспечивает существенное

превышение нитратного азота относительно рекомендованной системы на 2,3 и 2,8 мг/кг, что говорит о повышении нитрификационной способности чернозема выщелоченного. Применение дозы $N_{124}P_{89}K_{32}$ под планируемый урожай озимого ячменя на расчетной системе удобрений обеспечивало достоверное увеличение нитратов не только относительно контроля, но и других систем удобрений на 2,3–3,2 и 2,8–3,1 мг/кг в зависимости от слоя почвы. Необходимо отметить, что применение вспашки в условиях почв тяжелого гранулометрического состава независимо от насыщенности систем питания минеральными и органическими удобрениями приводит к существенному повышению уровня нитратного азота на 0,9 мг/кг в 0–20 см слое почвы и на 0,8 мг/кг в слое 20–40 см по сравнению с безотвальным способом.

Действие сравниваемых систем удобрений на обеспеченность пахотного слоя почвы доступными формами фосфора и калия аналогично влиянию на нитратный азот. Дозы удобрений $N_{90}P_{80}K_{60}$, $N_{80}P_{10} + 5,8$ т/га соломы и $N_{124}P_{89}K_{32}$ существенно увеличивали рассматриваемые показатели на 2,1–7,4 мг/кг P_2O_5 и 4–21 мг/кг K_2O относительно естественного агрохимического фона (контроля). Четко прослеживается убывающий тренд обеспеченности 0–20 см слоя почвы подвижным фосфором и обменным калием на всех фонах питания с фиксацией нижних значений в уборочный период – фазу полной спелости озимого ячменя. Применение вспашки как приема основной обработки почвы в севообороте способствует существенному повышению P_2O_5 на 0,9 мг/кг почвы в 0–20 см слое относительно безотвального способа, что объясняется дополнительным механическим перемещением вносимых удобрений на всем рассматриваемом почвенном профиле. При этом способы основной обработки почвы не оказывают существенного влияния на обеспеченность обменным калием.

Результаты, полученные в опыте, подтверждают ранее установленный факт о снижении обеспеченности растений озимого ячменя основными элементами питания начиная с фазы кущения к фазе полной спелости. Применение дозы удобрения $N_{124}P_{89}K_{32}$ на расчетной системе способствовало существенному увеличению азота в растении на 0,27, фосфора на 0,05, калия на 0,1 % в растениях озимого ячменя относительно значений, полученных с контрольного варианта. Четко прослеживается зависимость по обеспеченности подвижным фосфором на отвальном способе обработки почвы как почве, так и в растениях. Достоверное увеличение относительно безотвального способа составило 0,02 %.

Структура урожайности и накопление сухой биомассы растений достоверно зависела от применяемых в опыте систем удобрений. Так, применение в системе питания озимого ячменя $N_{90}P_{80}K_{60}$, $N_{80}P_{10} + 5,8$ т/га соломы и $N_{124}P_{89}K_{32}$ позволило достоверно сформировать сухой биомассы на 28–112 г/м² больше, чем у растений с контрольных вариантов. Вариант с насыщенностью $N_{124}P_{89}K_{32}$ (расчетная система) характеризуется наилучшими совокупными показателями структуры урожая. Вспашка, как прием основной обработки, изучаемый в опыте, обеспечил достоверное увеличение показателя сухой биомассы относительно безотвального способа на 64 г/м².

Применение систем удобрений способствовало достоверному увеличению продуктивности культуры на 0,94–1,91 т/га относительно контроля. Оптимизация условий питания способствует повышению органических соединений в зерне ячменя. Так, отмечается увеличение белковых веществ в эндосперме зерна на

удобрённых вариантах от 0,5 до 1,3; углеводов от 1,8 до 2,7, жира от 0,12 до 0,44; зольных элементов от 0,07 до 0,30 %. Все это позволяет получить выполненное, высококачественное зерно за счет более полного процесса синтеза веществ на вариантах изучаемых систем удобрений, сравнительная разница относительно значений с контрольных вариантов составляет от 22 до 50 г/л. Применение в качестве дозы удобрения $N_{124}P_{89}K_{32}$ – вариант, соответствующий расчетной системе, способствует формированию в опыте наибольшей урожайности, а зерно характеризуется наилучшими качественными показателями. Выращивание культуры по системе полупаровой обработки с применением в качестве основной обработки вспашки способствует формированию лучших количественных и качественных показателей относительно безотвального способа.

Изучаемые в опыте системы удобрений озимого ячменя на обоих способах основной обработки почвы обеспечивали увеличение экономических результатов. Лучшими показателями результативности экономической системы характеризуется вариант с дозой $N_{124}P_{89}K_{32}$, соответствующий расчетной системе удобрений. Применение в качестве способа основной обработки почвы вспашки формирует лучшие обобщающие характеристики экономической эффективности и превосходит результаты, полученные с вариантов на безотвальном способе. Так, самый высокий показатель относительной эффективности (рентабельности) отмечался на отвальном способе с применением $N_{124}P_{89}K_{32}$ и соответствует 67 %, соответственно на варианте с применением безотвального способа рассматриваемый показатель – 65 %, расчет прибыли на один гектар относительно контроля составляет 8524 и 9006 руб.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для получения урожайности озимого ячменя в пределах 5,0–5,5 т/га на черноземе выщелоченном после предшественника озимая пшеница рекомендуется расчетная система удобрений в сочетании с отвальным и безотвальным способами обработки почвы.
2. В целях сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, получения урожайности зерна озимого ячменя в пределах 4,34–4,7 т/га и максимального экономического эффекта рекомендуется биологизированная система удобрений.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Сигида, М. С. Пищевой режим чернозема выщелоченного и продуктивность звена севооборота в зависимости от систем удобрений / М. С. Сигида, Н. В. Николенко // Приложение к журналу «Плодородие». – 2007. – № 3 (36). – С. 57–58.
2. Есаулко, А. Н. Эффективность систем удобрения и способов обработки почвы при возделывании озимого ячменя на выщелоченном черноземе / А. Н. Есаулко, Н. В. Николенко // Приложение к журналу «Плодородие». – 2008. – № 2 (41). – С. 41–42.
3. Громова, Н. В. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на содержание в растениях озимого ячменя элементов питания / Н. В. Громова // Вестник АПК Ставрополя. – 2017. – № 4(28). – С. 108–110.

4. Громова, Н. В. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на реакцию почвенного раствора чернозема выщелоченного и урожайность озимого ячменя / Н. В. Громова, А. Н. Есаулко, А. А. Беловолова, Ю. И. Гречишкина // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 4. – С. 24–26.

Публикации в других изданиях:

5. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на урожайность озимого ячменя / А. Н. Есаулко, Н. В. Николенко, М. Н. Коростелев // *Молодые аграрии Ставрополя : сборник статей 69-й научно-практической студенческой конференции СтГАУ*. – Ставрополь, 2006. – С. 72–75.
6. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на урожайность и качество зерна озимого ячменя на выщелоченном черноземе Ставропольской возвышенности / А. Н. Есаулко, Н. В. Николенко // *Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития агропромышленного комплекса»*, Донской ГАУ. – п. Персиановский, 2006. – С. 15–16.
7. Николенко, Н. В. Оптимизация систем удобрений под озимый ячмень на выщелоченном черноземе / Н. В. Николенко, Л. С. Горбатко // *Научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Я. В. Пейве*. – Краснодар, 2006. – С. 444–448.
8. Николенко, Н. В. Эффективность систем удобрений и способов обработки почвы при возделывании озимого ячменя на выщелоченном черноземе / Н. В. Николенко // *72-я Региональная научно-практическая конференция СтГАУ*. – Ставрополь, 2008. – С. 66–69.
9. Николенко, Н. В. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на динамику содержания основных элементов питания в растениях озимого ячменя / Н. В. Николенко, И. А. Кравченко // *Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа : сб. научных трудов по материалам 73-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 8–20 апреля 2009 года) / СтГАУ*. – Ставрополь : Параграф, 2009. – С. 83–85.
10. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на химический состав растений и урожайность озимого ячменя / А. Н. Есаулко, Н. В. Николенко // *Энтузиасты аграрной науки : сб. науч. тр. по материалам Международной конференции, посвященной 45-ю факультета агрохимии и почвоведения КубГАУ, 95-ю со дня рождения Симакина Александра Ивановича (выпуск 10)*. – Краснодар, 2009. – С. 324–330.
11. Громова, Н. В. Влияние параметров структуры урожая на формирование продуктивности озимого ячменя / Н. В. Громова, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, С. А. Коростылев, Е. В. Голосной // *Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 75-й науч.-практ. конф.* – Ставрополь : Параграф, 2011. – С. 60–62.
12. Громова, Н. В. Содержание основных элементов питания в растениях озимого ячменя в зависимости от систем удобрений на выщелоченном черноземе Ставропольской возвышенности / Н. В. Громова, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной, С. А. Коростылев, М. С. Сигида // *Экологические аспекты развития АПК. Питание растений. Ячмень. Система удобрений*. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – С. 40–42.

Подписано в печать 17.12.2018. Формат 60x84 $\frac{1}{16}$.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 479.

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

