

На правах рукописи

КИЗИЮЛЯ Марина Михайловна

**Влияние комплексного применения средств
химизации на продуктивность ячменя на ра-
диоактивно загрязненной почве**

Специальность 06.01.04-агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск – 2020

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении «Брянский государственный аграрный университет» в 2016-2018 гг.

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»

Официальные оппоненты: **Шаповалов Виктор Федорович**
Мерзлая Генриетта Егоровна,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник группы агрохимии органических удобрений и органического земледелия Федерального государственного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Дышко Виталий Николаевич,
доцент, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Смоленская ГСХА»

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина»

Защита состоится « » 2020 года в « » часов на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 при ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ» по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4, конференц-зал. E-mail: uchsovet@bgsha.com, факс: (80483) 24-721.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ» и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан « » 2020 и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации: <http://vak.minobrnauki.gov.ru>

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дьяченко
Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В современном сельскохозяйственном производстве РФ для обеспечения населения экологически чистыми продуктами питания большое внимание уделяется яровому ячменю, как одной из важнейших продовольственных и кормовых зерновых культур, роль которого в обеспечении продовольственной безопасности в последние годы существенно возросла. Зерно ячменя богато микроэлементами, незаменимыми аминокислотами, необходимыми для нормального функционирования организма человека и животных. Кроме того, зерно ячменя – незаменимое сырье для пивоваренной промышленности (Ториков, 2012).

Значительно уменьшить потребность в удобрениях, повысить урожайность сельскохозяйственных культур вполне реально за счет применения приемов биологизации и экологизации земледелия, включающих применение новейших средств химизации, включая биопрепараты – регуляторы роста растений, стимулирующие ростовые и синтетические процессы, повышающие адаптивность растений к неблагоприятным факторам, и в том числе, техногенное загрязнение окружающей среды (Санжарова, 2010; Малявко и др., 2011; Шаповалов и др., 2015; Белоус и др., 2016).

В условиях радиоактивного загрязнения значительных территорий юго-запада Центрального Нечерноземья РФ назрела необходимость в изучении и разработке эффективных приемов применения удобрений, их доз, сочетаний и соотношений в комплексе с другими средствами химизации, влияющих на урожайность и качество зерна ячменя на дерново-подзолистой песчаной почве, что в настоящее время весьма актуально.

Степень разработанности темы. Вопросами оптимизации минерального питания ярового ячменя в агроценозах занимались в разное время: И.Р. Вильдфлуш, С.М. Мижуй (2011); Е.Г. Филиппов и др. (2012); Н.Г. Янковский, С.Н. Доценко (2013); Е.В. Некрасова, М.С. Гаврилова, А.В. Гладких, Т.В. Горбачева, Н.А. Рендов (2014); П.Д. Бугаев, С.Л. Белопухов, М.Е. Ламмаев (2014); В.И. Панасин, С.И. Новикова, Д.А. Рымаренко (2015); Я.В. Берсенова (2016); И.В. Товачев (2017); Е.Н. Федотова, Ю.Н. Федорова, Д.С. Кошманов (2018); Н.А. Кирпичников, С.П. Бижан (2018) и др.

Важности создания оптимальных условий для формирования высокопродуктивных посевов ярового ячменя на основе применения различных биопрепаратов и регуляторов роста посвящены работы Г.А. Карпова (2008); А.Н. Левченковой, Т.И. Володиной (2013); И.И. Гуреева, М.Н. Жердев (2015); А.Л. Бежнев (2015); Е.В. Карлов, О.П. Кожевникова, А.В. Васин (2018); Ти макова, В.В. Мамеева, Н.Е. Павловской (2019).

В тоже время на дерново-подзолистых радиоактивно загрязненных почвах легкого гранулометрического состава работ по изучению закономерностей влияния комплексного применения удобрений и биопрепаратов на посевах ярового ячменя до настоящего времени не проводилось.

Цель работы – оценка эффективности действия минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим на урожайность и качество зерна ярового ячменя при радиоактивном загрязнении почвы.

Задачи исследований:

- изучить влияние различных систем удобрений в комплексе с биопрепаратом Гумистим на урожайность зерна ячменя в условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов;

- дать оценку эффективности различных систем удобрений в комплексе с биопрепаратом Гумистим на основные показатели качества зерна ярового ячменя;

- выявить влияние различных систем удобрения и биопрепарата Гумистим на размеры накопления ^{137}Cs урожаем зерна ячменя;

- провести расчет экономической эффективности применяемых средств химизации при возделывании ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий;

- руководствуясь принципом системного подхода, дать научно-обоснованные рекомендации производству по применению средств химизации при выращивании ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценка действия средств химизации при различном уровне насыщенности на урожайность зерна ячменя сорта Эльф на дерново-подзолистой радиоактивно загрязненной почве.

2. Комплексное применение удобрений и биопрепарата Гумистим оказало положительное влияние на показатели качества зерна ячменя и уменьшало удельную активность ^{137}Cs в урожае зерна.

3. Комплексное применение минеральных удобрений и гуминового препарата при выращивании ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов экономически эффективно.

Научная новизна исследований. Впервые в условиях юго-западной части Центрального Нечерноземья на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве в результате проведенных исследований в полевом опыте изучено влияние различных доз, сочетаний и соотношений минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим на урожайность и качество зерна ячменя. Установлено, что обработка посевов ячменя биопрепаратом Гумистим в фазу начала колошения на фоне полного минерального удобрения повышало урожайность зерна ячменя на 90-120% по сравнению с абсолютным контролем. Минеральные удобрения, как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, повышали содержание и сбор сырого белка с 1 га посева, повышали массу 1000 зерен. Применение минерального удобрения в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим способствовало снижению удельной активности ^{137}Cs в зерне ячменя относительно контроля в 5,0 раз или ниже действующего норматива (60 Бк/кг) в 4,0 раза.

Практическая значимость работы. На основании результатов исследований сельскохозяйственному производству предложена эффективная технология возделывания ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения почвы, позволяющая повысить урожайность и качество зерна ярового ячменя, соответствующего санитарно-гигиеническому нормативу по удельной активности в нем ^{137}Cs .

Результаты исследований прошли производственную проверку на площади 90 га в экспериментальном хозяйстве Новозыбковской СХОС – филиала ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса Брянского ГАУ, где на фоне применения минерального удобрения $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим получен урожай зерна ярового ячменя сорта Эльф в среднем 5,4 т/га.

Методология и методы диссертационного исследования. В основу методологического подхода к проведению полевого эксперимента положен принцип интенсификации и биологизации земледелия применительно к технологии выращивания ярового ячменя, оценки эффективности комплексного применения средств химизации на урожайность и качество конечной продукции при радиоактивном загрязнении агроценозов. Планирование, постановку и проведение полевых опытов осуществляли, руководствуясь методикой опытного дела Б.А. Доспехова (1985). В работе широко использованы современные методы лабораторных, полевых и агрохимических исследований, методы статистической обработки результатов экспериментальных данных и их интерпретация: «Методические указания по проведению длительных опытов с удобрениями (1975; 1983; 1985)», «Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях (1985)».

Достоверность результатов экспериментальных исследований подтверждена математической обработкой полученных экспериментальных данных методами дисперсионного и корреляционного анализа, установлением степени достоверности действия изучаемых факторов в полевом эксперименте по Б.А. Доспехову (1985).

Апробация результатов диссертационной работы. Основные результаты экспериментальных исследований по теме диссертационной работы докладывались на заседаниях кафедры агрохимии, почвоведения и экологии в 2016-2018 гг. Прошли апробацию на международных научно-практических конференциях «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (2016, 2017, 2018, 2019 гг.), научно-практической конференции с международным участием «Научные стационары: реалии, научная проблематика и инновации», Томск, СибНИИСХиТ, 2017.

Публикации по теме диссертационного исследования. Основные результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 5 научных статьях, 3 из них в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ.

Личный вклад автора заключается в разработке программы, подборе методов исследований, соответствующих цели и поставленным задачам исследований, закладке и проведении полевых опытов, проведении лабораторно-аналитических исследований, анализе и статистической обработке экспери-

ментальных данных, подготовке и публикации результатов исследований в открытой печати, написании диссертации и автореферата.

Объем диссертации и ее структура. Диссертация изложена на 136 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, результатов исследований, заключения, предложений сельскохозяйственному производству, списка литературы, приложений. Работа проиллюстрирована 14 таблицами, 1 рисунком, 17 приложениями. Список литературы включает 286 наименований, из них 14 на иностранных языках.

Благодарность. Автор выражает сердечную благодарность научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Шаповалову Виктору Федоровичу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Современное представление о состоянии изученности проблемы увеличения объемов производства зерна ярового ячменя в России (обзор литературы)

В главе приведен обзор научной литературы по теме исследований и сделано теоретическое обобщение актуальности изучения выбранной темы. Рассмотрены ботанико- биологическая характеристика ячменя.

Глава 2. Условия и методика проведения исследований

Место и методы проведения

Экспериментальные исследования проводили на опытном поле Ново-зыбковского филиала Брянского ГАУ в 2016- 2018 гг. в звене полевого севооборота люпин на зеленый корм- озимая пшеница- ячмень- овес.

Агрометеорологические условия проведения исследований

Климатические условия зоны характеризуются как типичные для региона. Лето и зима умеренно континентальные. Атмосферные осадки в среднем составляют в сумме от 531 до 655 мм. Длительность вегетационного периода составляет 176- 195 суток при сумме положительных температур (выше +5 °С) в пределах 2450- 2750 °С. Сумма активных температур за этот период в среднем составляет 2200- 2415 °С.

Погодные условия в годы проведения исследований в весенне- летний период имели некоторые различия. Более благоприятными для ярового ячменя были погодные условия 2016 и 2018 годов. Во все годы опыта температура воздуха превышала среднеголетние значения. За вегетационные периоды 2016- 2018 гг. ГТК в отдельные месяцы колебался от 0,7 до 2,6 (рис.1).

Наиболее благоприятным оказался 2016 год, лишь только в июне величина ГТК составила 0,7, что ниже среднеголетнего показателя на 0,7. В 2018 году ГТК апреля месяца был на уровне среднеголетнего значения, май оказался засушливым, в июне и июле значения ГТК превышали средне-

многолетние значения. В августе месяце ГТК было на уровне 0,2, но к этому периоду был в фазе полной зрелости, и установившаяся сухая жаркая погода способствовала уборке урожая зерна.

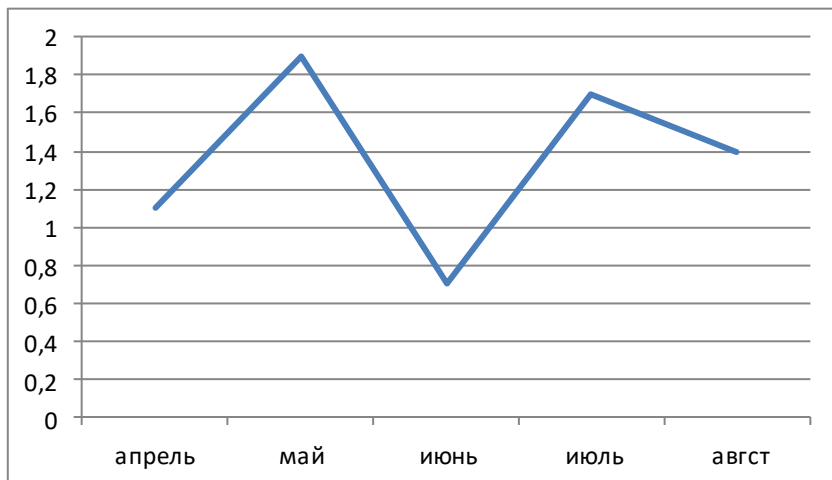


Рисунок- 1 Среднемесячное ГТК весенне- летнего периода вегетации за 2016-2018 гг.

Условия проведения и схема опыта

Почва опытного участка дерново- подзолистая, супесчаная. До закладки опыта характеризовалась следующими показателями: содержание органического вещества (по Тюрину) 2,32- 2,63%, рНКС1 5,28- 5,48, подвижного фосфора 348- 512 мг/кг и обменного калия 76- 155 мг/кг (по Кирсанову). Плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs 216- 248 кБк/м². Повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки 120 м², учетная площадь делянки первого порядка 50 м², второго- 50 м². В опыте возделывали сорт ярового ячменя (*Hordeum sativum* L/) Эльф, норма высева семян 5,0 млн. всхожих зерен/ га. При возделывании ячменя руководствовались общепринятой для зоны технологий. Удобрения в форме Naa (34,5N), Pcg (48% P₂O₅), Kx (56% K₂O) вносили вручную в разброс под предпосевную обработку почвы. Обработку посевов ячменя биопрепаратом Гумистим проводили в фазу начала колошения ячменя из расчета 6 л/га препарата, совмещая с обработкой от болезней и вредителей.

Схема опыта.

Схема опыта представлена следующими вариантами: Контроль (без удобрений); N90P60- фон I; фон I+ K60; фон I+ K90; фон I+ K120; N120P90-фон II; фон II+ K120; фон II+ K150; фон II+ K180; Контроль+ Гумистим; фон II+ Гумистим; фон II+ K120+ Гумистим; фон II+ K150+ Гумистим; фон II+ K180+ Гумистим.

Методика проведения исследований

Анализы по агрохимической характеристике почвы выполнены в Центре коллективного пользования научным и приборным оборудованием Брянского ГАУ.

Агрохимический анализ почвы опытного участка осуществляли, руководствуясь следующими методиками: содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213- 91) рНКС1 ионометрически (ГОСТ 24483- 84), содержание P₂O₅ и К₂O по Кирсанову (ГОСТ 26207- 84). Учет стеблестоя проводили на закрепленных площадках 50*50 см по полным входам и перед уборкой. При определении структуры урожая отбирались пробные снопы в фазу полной спелости ячменя, анализ структуры урожая в отобранных снопах проводили в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985) в лабораторных условиях.

Для определения показателей качества зерна с каждого варианта опыта в трехкратной повторности проводили отбор проб, выделяли навески для определения качества в соответствии с действующими ГОСТами: ГОСТ 13586.2-81 Зерно: Методы определения содержания сорной, зерновой, особо учитываемой примеси, мелких зерен и крупности /Зерновые, зернобобовые и масличные культуры. Ч.2.М.: Изд- во стандартов, 1996. ГОСТ 10842-89- масса 1000 зерен, ГОСТ 10840-64- натура зерна, ГОСТ 13496.4-93- общий азот индофенольным методом, сырой белок- пересчетом Нобщ.*5,7. Озольнение растительных образцов проводили сжиганием по Гинзбург; азот по ГОСТ 134964-93; фосфор- фотоэлектроколориметрированием (ГОСТ 26657-97); калий- на пламенном фотометре по ГОСТ 30504-97. Определение пленчатости зерна осуществляли по методу Омарова (1985); натуру- по ГОСТ 28673-90; массу 1000 зерен- согласно ГОСТ 10842-89. Измерения по удельной активности цезия- 137 в зерне проводили на измерительном комплексе УСК «Гамма Плюс» с программным обеспечением Прогресс 2000 в геометрии Маринелли.

Анализы по определению микро- и макроэлементного состава зерна были осуществлены во Всероссийском научно- исследовательском институте минерального сырья имени Н.М. Федоровского. Изучение минерального состава зерна осуществляли масс- спектральным с индуктивно- связанной плазмой (MS) и атомно-эмиссионным методом с использованием масс- спектрометра с индуктивно- связанной плазмой Elan-6100 («Perkin Elmer», США) и атомно- эмиссионный с индуктивно- связанной плазмой спектрометр Optima-4300 DV.

Глава 3. Продуктивность и качественные показатели ячменя в зависимости от применяемых средств химизации

Влияние средств химизации на элементы структуры урожая

Общеизвестно, что к основным элементам структуры, определяющим повышение уровня урожайности ячменя, относят продуктивный стеблестой,

сохранность растений к уборке, массы зерна в колосе, массы 1000 зерен. Исходя из этого, изучение изменения показателей структуры урожая ячменя при интенсификации применения средств химизации представляет особый интерес при оптимизации элементов технологии возделывания ячменя.

В наших исследованиях изменение элементов структуры урожая ячменя зависело от применяемых систем удобрения как при отдельном применении, так и в комплексе с гуминовым препаратом Гумистим (табл. 1).

1. Действие средств химизации на структуру урожая ячменя (2016- 2018 гг.)

Вариант	Элементы структуры урожая				
	Число растений к уборке, шт./м ²	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Продуктивная кустистость	Масса зерна с 1 колоса, г	Высота растений, см
Контроль (без удобрений)	402	522	1,29	0,82	65,2
N ₉₀ P ₆₀ - фон I	421	548	1,30	0,86	70,6
Фон I+ K ₆₀	425	556	1,31	0,87	72,3
Фон I+ K ₉₀	434	568	1,31	0,89	72,8
Фон I+ K ₁₂₀	443	579	1,31	0,96	73,3
N ₁₂₀ P ₉₀ - фон II	452	618	1,37	0,88	74,6
Фон II+ K ₁₂₀	458	626	1,37	0,91	76,6
Фон II+ K ₁₅₀	463	638	1,38	0,93	76,8
Фон II+ K ₁₈₀	471	650	1,38	0,99	77,2
Контроль+ Гумистим	416	541	1,30	0,84	66,4
Фон II+ Гумистим	426	562	1,32	0,89	75,6
Фон II+ K ₁₂₀ + Гумистим	432	623	1,44	1,07	78,2
Фон II+ K ₁₅₀ + Гумистим	445	664	1,49	1,12	78,8
Фон II+ K ₁₈₀ + Гумистим	456	733	1,61	1,17	80,2

НСР_{0,5}

18,2

19,4

0,04

В среднем за годы проведения исследований общее число растений к уборке по вариантам опыта изменялось от 401 до 456 шт./м². Применяемые средства химизации также способствовали повышению продуктивной кустистости ячменя. Так в варианте N₉₀P₆₀K₁₂₀ число продуктивных стеблей по сравнению с контролем увеличивалось на 10,7% при коэффициенте кустистости равном 1,3. При повышении дозы полного минерального удобрения до N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ увеличивалось количество продуктивных стеблей на 24,5% относительно контроля при величине коэффициента кустистости 1,36. Наибольшее количество продуктивных стеблей 773 шт./м² отмечено при комплексном применении минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим при увеличении коэффициента кустистости до 1,6. Масса зерна с одного колоса в среднем по изучаемым системам удобрения изменялась от 0,82 до 1,17 г. Обработка ячменя гуминовым препаратом Гумистим способствовала повышению массы зерна с одного колоса, поскольку присутствие в гуминовом препарате гумата натрия, катион Na⁺ которого способен повышать засухоустойчивость зерновых культур в стрессовых ситуациях, что важно в условиях острой засухи при формировании урожая зерна сельскохозяйственных культур. Максимальная масса зерна с одного колоса 1,17 г. получена в варианте N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ + Гумистим.

Высота растений под влиянием средств химизации по вариантам опыта изменялась в пределах 65,2- 80,2 см, достигая максимума при применении полного минерального удобрения $N_{120}P_{90}K_{180}$ в комплексе с гуминовым препаратом.

Урожайность зерна ячменя в зависимости от уровня применяемых средств химизации

Известно, что продуктивность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется как погодными-климатическими условиями в периоды вегетации, так и уровнем интенсификации применяемых средств химизации (Федосеев, 1985; Минеев, Ремпе, 1991; Филенко и др., 2016). В годы с дефицитом почвенной влаги коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, как правило, снижаются (Державин, 1992). В наших исследованиях погодные условия оказывали влияние на уровень урожайности зерна ячменя. В 2017 году, менее благоприятном по температурному режиму и условиям влагообеспеченности в период вегетации, уровень урожайности зерна ячменя по изучаемым вариантам опыта был заметно ниже в сравнении с более благоприятными 2016 и 2018 годами (табл.2).

Урожайность зерна ячменя в 2017 году по вариантам опыта варьировала от 1,99 до 4,62 т/га. Наиболее высокая урожайность зерна ячменя по изучаемым системам удобрений была отмечена в 2016 году, которая по вариантам опыта изменялась от 2,63 до 5,26 т/га. В среднем за три года исследований наиболее низкая урожайность зерна 2,33 т/га формировалась на контроле.

Внесение азотно-фосфорного удобрения $N_{90}P_{60}$ (фон I) позволило увеличить урожайность зерна ячменя в среднем за три года до 2,73 т/га, прибавка урожайности по отношению к контролю составила 0,40 т/га или 17,2%. Дальнейшее увеличение дозы азотно- фосфорного удобрения до $N_{120}P_{90}$ (фон II) способствовало повышению уровня урожайности ячменя относительно контроля в среднем на 1,21 т/га или на 51,0%, а в сравнении с фоном I ($N_{90}P_{60}$) уровень прибавки урожайности составил 0,81 т/га или 29,7%. Применение калийного удобрения в последовательно возрастающих дозах от K_{60} до K_{120} на фоне II до P_{60} повышало урожайность зерна ячменя в сравнении с контролем в среднем на 0,79- 1,03 и 1,33 т/га соответственно. При внесении калийного удобрения в возрастающих дозах от K_{120} до K_{150} и K_{180} в составе азотно-фосфорного удобрения $N_{120}P_{90}$ (фон II) урожайность зерна ячменя относительно контрольного варианта в среднем увеличивалась на 1,58- 2,30 т/га.

2. Влияние средств химизации на урожай зерна ячменя (2016- 2018)

Вариант	Урожайность, т/га		Прибавка, т/га		Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг	
	1	2	3	4	5	6
Контроль (без удобрений)	2,33	-	-	-	-	-
N ₉₀ P ₆₀ - фон I	2,73	-	0,40	-	2,7	-
Фон I+ K ₆₀	3,12	-	0,79	-	3,8	-
Фон I+ K ₉₀	3,36	-	1,03	-	4,3	-
Фон I+ K ₁₂₀	3,66	-	1,33	-	4,1	-
N ₁₂₀ P ₉₀ - фон II	3,54	-	1,21	0,19	6,0	5,9
Фон II+ K ₁₂₀	3,91	-	1,58	0,26	4,8	5,6
Фон II+ K ₁₅₀	4,29	-	1,96	0,37	5,4	6,5
Фон II+ K ₁₈₀	4,63	-	2,30	0,30	5,9	6,7
Контроль+ Гумистим	2,50	2,50	0,17	0,17	-	-

НСР₀₅

Примечание: 1- без Гумистима; 2- с Гумистимом; 3- от удобрений; 4- от Гумистима; 5- от удобрений; 6- от Гумистима.

Обработка посевов ячменя гуминовым препаратом повышало урожайность зерна ячменя в сравнении с абсолютным контролем на 0,17 т/га (на 9,0%), а применение биопрепарата Гумистим на фоне внесения азотно-фосфорного удобрения N₁₂₀P₉₀ обеспечило повышение урожайности зерна ячменя в сравнении с контролем в среднем на 1,40 т/га (60,1%). Обработка посевов ячменя гуминовым препаратом на фоне азотно-фосфорного удобрения N₁₂₀P₉₀ с последовательно возрастающими дозами калия от 120 до 150 и 180 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности ячменя относительно контрольного варианта в среднем на 1,84- 2,60 т/га или на 79,0- 115,9%, при уровне прибавки урожайности от применения гуминового препарата . равной 0,26- 0,37 т/га. В среднем за три года проведения исследований формирование максимальной урожайности зерна ячменя 4,93 т/га обеспечило применение системы удобрения N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ совместно с биопрепаратом Гумистим.

Окупаемость 1 кг NPK удобрений прибавкой урожая зерна ячменя возрастала при комплексном применении гуминового препарата и удобрений ив среднем за годы проведения опытов в этих вариантах достигала уровня 5,6, 6,5 и 6,7 кг/кг соответственно.

Влияние средств химизации на качество зерна ячменя

Изменение качественных показателей зерна подвержено влиянию различных внешних факторов, среди которых важное место занимают применение средств химизации с учетом почвенно-климатических условий (Жученко, 1994). При этом, как правило, применяемые средства химизации способствуют повышению не только урожайности, но также и качественных показателей зерна (Ахметов и др., 2016; Алферов, 2017), среди которых содержание белка в зерне зерновых культур принадлежит ведущая роль (Павлов, 1984).

В наших исследованиях содержание белка в значительной степени изменялось в зависимости от применяемых средств химизации и метеорологи-

ческих условий вегетационных периодов в годы проведения исследований (табл. 3).

3. Влияние систем удобрения и биопрепарата Гумистим на изменение показателей биохимического состава зерна ячменя (среднее за 2016- 2018 гг.)

Вариант	Сбор белка, т/га	Содержание, %					
		Сырой белок	Сырая клетчатка	Сырая зола	Сырой жир	Сахара	Крахмал
Контроль (без удобрений)	0,233	10,0	4,3	2,70	2,2	4,4	60,1
N ₉₀ P ₆₀ - фон I	0,295	10,8	4,5	2,63	1,8	4,5	59,0
Фон I+ K ₆₀	0,349	11,2	4,6	2,60	1,8	4,6	58,9
Фон I+ K ₉₀	0,406	12,1	4,7	2,57	1,7	4,8	58,4
Фон I+ K ₁₂₀	0,461	12,6	4,8	2,53	1,8	5,0	56,4
N ₁₂₀ P ₉₀ - фон II	0,449	12,5	4,6	2,60	1,8	4,6	56,5
Фон II+ K ₁₂₀	0,508	13,0	4,6	2,63	2,0	4,8	58,5
Фон II+ K ₁₅₀	0,571	13,3	4,8	2,60	1,9	5,1	58,7
Фон II+ K ₁₈₀	0,620	13,4	4,8	2,60	1,9	5,2	57,2
Контроль+ Гумистим	0,255	10,2	4,6	2,73	2,0	4,6	58,7
Фон II+ Гумистим	0,475	12,9	4,7	2,76	2,0	4,7	57,6
Фон II+ K ₁₂₀ + Гумистим	0,555	13,3	4,8	3,00	2,0	5,0	57,9
Фон II+ K ₁₅₀ + Гумистим	0,618	13,3	4,9	3,05	2,0	5,2	57,6
Фон II+ K ₁₈₀ + Гумистим	0,655	13,5	4,9	3,07	2,1	5,2	56,7
НСР₀₅		0,3	0,20	0,2	0,25	1,50	

В засушливом 2017 году содержание сырого белка по изучаемым вариантам опыта было заметно выше в сравнении с более благоприятными 2016 и 2018 годами.

При недостаточной влагообеспеченности и повышенной температуре воздуха создаются условия для формирования зерна с более высоким содержанием белка (Ваулина, 2007). В условиях сырой и прохладной погоды преобладают процессы накопления в зерне крахмала в ущерб процессу синтеза белков (Коданев, 1980). Большинство исследователей считают, что под влиянием удобрений, где ведущая роль принадлежит азоту, отмечается повышение содержания общего азота и сырого белка (Алабушев и др., 2017; Назаров и др., 2017). Нашими исследованиями установлено, что применяемые системы удобрения способствовали повышению белковости зерна ячменя. В среднем за три года исследований содержание сырого белка в зерне ячменя по вариантам опыта варьировало от 9,4 до 13,5%. Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне ячменя 13,5% и сбор его с единицы площади посева 0,655 т/га в среднем получен в варианте N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ + Гумистим.

В наших исследованиях установлено, что применяемые средства химизации оказывали влияние на изменение других показателей биохимического состава зерна ячменя. Так содержание сырой клетчатки по вариантам опыта в среднем изменялось от 4,3 до 4,9% (табл. 3). Самое высокое содержание сы-

рой клетчатки отмечено в варианте с применением биопрепарата Гумистим на фоне внесения минерального удобрения в дозе N₁₂₀P₉₀K₁₈₀.

Содержание сырой золы в зерне ячменя в среднем за годы исследований снижалось под влиянием изучаемых систем удобрения. Обработка растений ячменя биопрепаратом Гумистим в комплексе с применяемыми системами удобрения способствовало повышению зольности зерна ячменя.

Содержание сырого жира в зерне ячменя по вариантам опыта варьировало в пределах 2,2- 1,7%. Комплексное применение средств химизации, включая гуминовый препарат, способствовало стабилизации содержания сырого жира в зерне на уровне 2,1- 2,1%.

В наших исследованиях в среднем за годы опытов при интенсификации применения средств химизации, включая гуминовый биопрепарат, отмечено повышение содержания сахаров в зерне ячменя.

Содержание крахмала в зерне ячменя под влиянием применяемых средств химизации снижалось в сравнении с контролем. Обработка растений ячменя биопрепаратом Гумистим не оказало заметного влияния на изменение содержания крахмала в зерне ячменя.

Известно, что полноценность белкового комплекса определяется его аминокислотным составом, при этом полноценный белок в своем составе содержит все восемь незаменимых аминокислот, синтез которых невозможен в организме животных (Томме, Мартыненко, 1972). Содержание и соотношение аминокислот в растениях регламентируется в значительной степени условиями минерального питания (Мельникова, Фокин, 2009; Шаповалов и др., 2010).

В наших исследованиях установлено, что под влиянием полного минерального удобрения отмечено увеличение как общего содержания аминокислот, так и незаменимых (табл. 4), при этом увеличение дозы калия в составе НРК способствовало повышению содержания всех аминокислот в зерне ячменя.

4. Влияние систем удобрений на содержание аминокислот в зерне ячменя, г на 1 кг воздушно сухого вещества (2016- 2018 гг.)

Аминокислоты	Варианты опыта			
	Контроль (без удобрений)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + Гумистим
Валин (Val)	0,662	0,728	0,734	0,824
Лейцин (Leu)+ изолейцин	1,418	1,459	1,473	1,746
Лизин (Lys)	0,570	0,585	0,591	0,615
Метионин (Met)	0,162	0,189	0,220	0,255
Треонин (Thr)	0,360	0,529	0,653	0,684
Триптофан (Trp)	0,088	0,093	0,099	0,107
Фенилаланин (Phe)	0,605	0,654	0,685	0,718
Всего незаменимых	3,865	4,237	4,455	4,949
Аланин (Ala)	0,706	0,732	0,726	0,752
Аргинин (Arg)	0,585	0,976	0,923	1,072
Гистидин (His)	0,159	0,183	0,195	0,216
Глицин (Gly)	0,425	0,578	0,621	0,693
Пролин (Pro)	1,611	1,652	1,719	1,903
Серин (Ser)	0,574	0,623	0,636	0,678

Тирозин (Тур)	0,236	0,295	0,432	0,452
Сумма всех аминокислот	8,185	9,276	9,707	10,715

Наибольшее количество аминокислот, в том числе и незаменимых, накапливалось в зерне ячменя при комплексном применении полного минерального удобрения $N_{120}P_{90}K_{180}$ с биопрепаратом Гумистим.

Влияние средств химизации на физические показатели зерна ячменя

Технологические (физические) показатели зерна (натура, масса 1000 зерен, выход крупы, пленчатость, крупность) имеют важное значение для его переработки и хранения.

Весьма важным и значимым физическим показателем качества и структуры урожая является масса 1000 зерен (Сивуха, 1985), которая определяется суммой осадков за вегетационный период и в меньшей мере зависит от действия средств химизации (Шахрай, 2008).

Большая масса 1000 зерен определяет размеры питательных веществ и, соответственно, большой выход товарной продукции.

Проведенными исследованиями установлено, что масса 1000 зерен ячменя определялась как влиянием погодных условий периодов вегетации, так и действием изучаемых средств химизации (табл. 5).

5. Изменение технологических свойств зерна ячменя в зависимости от применяемых средств химизации (2016- 2018 гг.)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Выход крупы, %	Показатели		Выравненность зерна		
				Пленчатость, %	Крупность, %	2,8	2,5	2,2
						мм	мм	мм
1 Контроль (без удобрений)	45,5	622	44,0	9,2	83	53	35	11
2 $N_{90}P_{60}$ - фон I	48,6	624	44,6	8,8	84	55	34	10
3 Фон I+ K_{60}	50,3	628	44,8	8,5	85	56	35	8
4 Фон I+ K_{90}	50,6	637	44,9	8,4	86	53	37	11
5 Фон I+ K_{120}	50,8	641	45,1	8,2	89	59	30	10
6 $N_{120}P_{90}$ - фон II	51,3	636	44,5	8,0	88	56	34	9
7 Фон II+ K_{120}	51,5	644	45,2	7,9	89	55	32	12
8 Фон II+ K_{150}	51,7	646	45,5	7,6	90	56	33	10
9 Фон II+ K_{180}	52,1	648	45,7	7,4	91	58	34	7
10 Контроль+ Гумистим	46,4	626	44,8	8,8	84	54	35	10
11 Фон II+ Гумистим	47,5	629	45,4	8,6	86	56	34	9
12 Фон II+ K_{120} + Гумистим	51,8	638	45,5	7,8	92	62	31	6
13 Фон II+ K_{150} + Гумистим	52,4	645	45,7	7,6	94	68	26	5
14 Фон II+ K_{180} + Гумистим	53,5	649	45,8	7,4	95	70	21	8

Под влиянием средств химизации в среднем отмечено увеличение массы 1000 зерен с 45,5 до 53,5 г в варианте с применением минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{90}K_{180}$ в комплексе с гуминовым препаратом Гумистим. Основным показателем при переработке зерна в крупу, согласно требованиям ГОСТ 6378, является натура, которая должна быть не ниже 630 г/л (Сорокин, 2011). В наших исследованиях натура зерна заметно повышалась под влиянием изучаемых систем удобрения как при отдельном применении, так и в ком-

плексе с гуминовым препаратом. Наибольшей величины 649 г/л натура зерна ячменя в среднем за три года отмечена при применении системы удобрения $N_{120}P_{90}K_{180}$ в комплексе с гуминовым препаратом Гумистим.

Среди физических показателей зерна важная роль принадлежит выходу крупы и пленчатости. Эти показатели особо значимы при переработке зерна на крупу. Установлено, что выход крупы в среднем по изучаемым вариантам варьировал в пределах 44,0- 45,8%. Наиболее высокий процент выхода крупы в наших исследованиях достигался при применении полного минерального удобрения, при этом увеличение доз калийного удобрения в его составе как на фоне I, так и на фоне II, повышало выход крупы. Обработка ячменя гуминовым препаратом способствовало повышению выхода крупы. Самый высокий выход крупы 45,8% был отмечен в варианте $N_{120}P_{90}K_{180}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

Пленчатость зерна ячменя относят к одному из весьма значимых физических показателей зерна, что очень важно при крупяном производстве (Мальцев, 1991). Пленчатость рассматривается, как содержание мякинной оболочки, выраженное через отношение веса пленок к весу зерна. В наших исследованиях под влиянием средств химизации отмечено снижение пленчатости зерна в среднем на 0,4- 1,6%, при этом наибольшее снижение пленчатости отмечено в вариантах со средней и повышенной дозами калия в составе НРК в комплексе с гуминовым препаратом.

Известно, что крупным зерно считается, если в основной массе оно состоит из двух фракций толщиной 2,5 и 2,8 мм. Для зерна ячменя первого класса содержание крупного зерна должно быть не менее 85%, для второго класса не ниже 75% (Ториков и др., 2012). В наших исследованиях в среднем за три года крупность зерна по изучаемым вариантам опыта варьировала от 83 до 95%. Самый высокий и стабильный процент крупности, и наиболее выравненное зерно ячменя в наших исследованиях было получено в вариантах с комплексным применением удобрений и гуминового препарата (вар.12, 13, 14); при этом выровненность зерна возрастала с повышением интенсификации применяемых средств химизации.

Содержание макроэлементов и токсических веществ в зависимости от применяемых средств химизации

Нашими исследованиями установлено, что средневзвешенное содержание макроэлементов в урожае зерна ячменя свидетельствует о том, что применяемые средства химизации оказали положительное влияние на макроэлементный состав зерна ячменя (табл. 6).

При интенсификации применяемых средств химизации отмечено увеличение содержания основных макроэлементов в зерне ячменя.

6. Влияние средств химизации на макроэлементный состав зерна ячменя, мг/кг (2016- 2018 гг.)

Макроэлементы	Системы удобрения		
	Контроль (без удобрений)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + Гумистим
Фосфор	960	1150	2450
Калий	5850	6500	6650
Кальций	970	1100	1200
Магний	260	350	380
Натрий	66	70	85
Сера	340	450	550
Железо	70	130	150

В среднем за годы исследований наибольшее содержание биогенных элементов в зерне ячменя было отмечено в варианте с применением оптимальной дозы NPK в комплексе с биопрепаратом Гумистим (N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ + Гумистим).

Результаты проведенных лабораторно- аналитических исследований свидетельствуют о том, что в содержании токсичных элементов в зерне имели место изменения в зависимости от применяемых средств химизации. Так, содержание алюминия, мышьяка и свинца в зерне ячменя возрастало под влиянием минерального удобрения в дозе N₁₂₀P₉₀K₁₈₀, но их концентрация при этом не превышала значений ПДК (табл. 7).

7. Содержание токсичных элементов в зерне ячменя, мг/кг (2016- 2018 гг.)

Токсичные элементы	Варианты			ПДК
	Контроль (без удобрений)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + Гумистим	
Алюминий	16	18	19	20
Кадмий	0,018	0,024	0,017	0,03
Мышьяк	<0,02	0,082	0,078	0,2
Ртуть	<0,005	<0,003	<0,003	0,015
Свинец	0,11	0,19	0,15	0,5

Применение гуминового препарата на фоне минерального удобрения N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ обозначило тенденцию к уменьшению концентрации кадмия и свинца. Применяемые системы удобрения как отдельно, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим способствовали снижению содержания ртути в зерне ячменя. Концентрация мышьяка повышалась в зерне ячменя по мере интенсификации применяемых средств химизации.

Действие средств химизации при комплексном применении на концентрацию остаточных нитратов в зерне ячменя

В наших опытах содержание остаточных нитратов в зерне ячменя по изучаемым вариантам опытов имело заметное различие в зависимости от погодных условий вегетационных периодов (рис. 2).

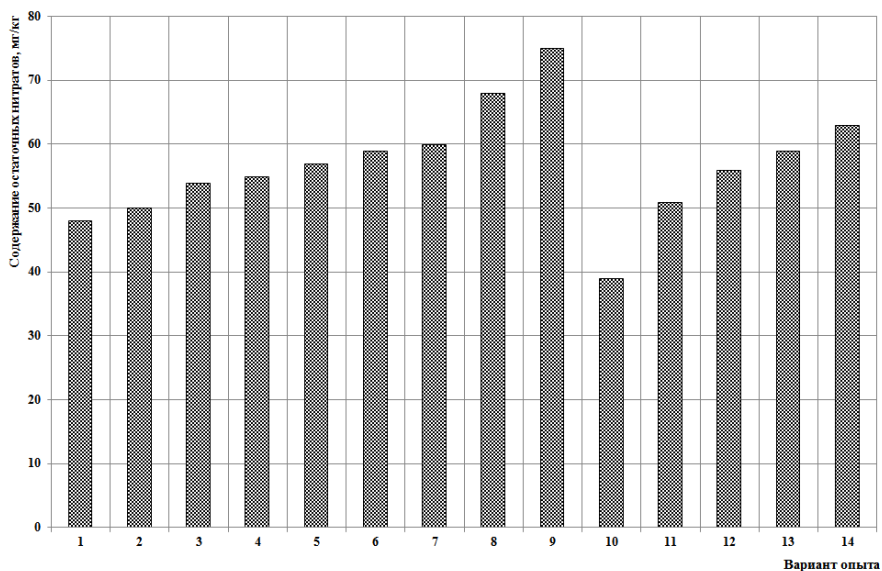


Рисунок 2 – Влияние средств химизации на концентрацию нитратов в зерне ячменя (2016- 2018 гг.)

Более высокое содержание остаточных нитратов в зерне ячменя отмечено в засушливом 2017 году. В среднем за годы проведения исследований содержание остаточных нитратов в зерне ячменя по вариантам опыта варьировало от 39 до 75 мг/кг (норматив- 93 мг/кг). Под влиянием изучаемых систем удобрения отмечено увеличение содержания нитратов в зерне.

В среднем за три года проведения полевых опытов наиболее высокая концентрация нитратов отмечена при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{90}K_{180}$. Обработка посевов ячменя гуминовым препаратом способствовала уменьшению концентрации остаточных нитратов за счет биологического разбавления связанного с повышением урожайности ячменя на этих вариантах.

Урожай зерна, полученный на всех изучаемых вариантах опыта по содержанию в нем остаточных нитратов, не превышающих действующий норматив (93 мг/кг), может быть использован на продовольственные цели без ограничений.

Влияние средств химизации на размеры поступления ^{137}Cs из почвы в зерно ячменя

Установлено, что наиболее эффективным приемом уменьшения поступления радионуклидов из почвы в растения является применение комплек-

са агрохимических мероприятий, которые включают проведение известкования, фосфоритования и внесение повышенных доз калия (Белоус и др., 2016).

В наших исследованиях в среднем за три года наиболее высокая удельная активность цезия- 137 в зерне ячменя по изучаемым вариантам опыта была отмечена в менее благоприятном по условиям увлажнения 2017 году, которая варьировала в пределах 20- 3 Бк/кг (рис. 3).

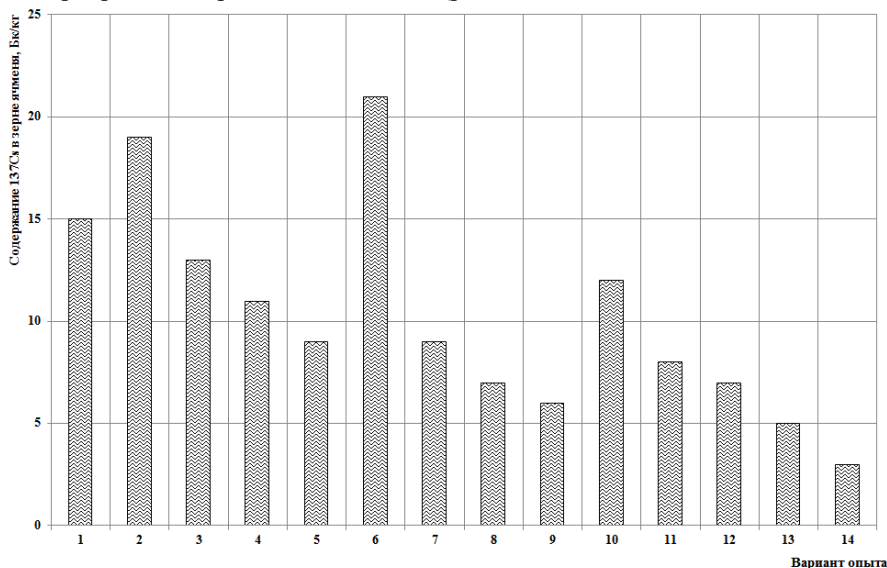


Рисунок 3 – Изменение удельной активности ^{137}Cs в зерне ячменя в зависимости от применяемых средств химизации (допустимый уровень 60 Бк/кг)

Наименьшая удельная активность цезия- 137 в зерне ячменя отмечена по изучаемым системам удобрения в наиболее благоприятном по погодным условиям вегетационного периода 2016 году. Применение азотно-фосфорного удобрения $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ (фон I) и $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$ (фон II) способствовало увеличению перехода цезия- 137 из почвы в урожай зерна ячменя, в результате этого удельная активность цезия- 137 в этих вариантах была самой высокой, составляя в среднем 19- 21 Бк/кг. Внесение калийных удобрений в возрастающих дозах K_{60} - K_{120} в составе $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ (фон I) уменьшало удельную активность ^{137}Cs в зерне ячменя в среднем по отношению к контролю в 1,15- 1,67 раза, при снижении коэффициента накопления с 1,30 до 0,85.

Применение последовательно возрастающих доз калия K_{120} - K_{180} в составе $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$ уменьшало удельную активность ^{137}Cs в зерне в среднем в 1,67- 2,50 раза, а коэффициент накопления снижался с 0,98 до 0,61 соответственно. Обработка ячменя гуминовым препаратом уменьшило удельную активность ^{137}Cs в зерне ячменя на контрольном варианте в сравнении с абсолютным кон-

тролем в среднем в 1,25 раза. При обработке посевов ячменя гуминовым препаратом на фоне применения $N_{120}P_{90}$ (фон II) удельная активность ^{137}Cs в зерне ячменя уменьшилась в 1,87 раза, а применение последовательно возрастающих доз калия K_{120} , K_{150} и K_{180} в составе $N_{120}P_{90}$ (фон II) способствовало уменьшению удельной активности цезия-137 в зерне ячменя от 2,14 до 5,0 раз при снижении коэффициента накопления с 0,76 до 0,40. Зерно ячменя, выращенное на всех вариантах опыта, включая контроль по удельной активности в нем ^{137}Cs пригодно для использования на продовольственные цели без ограничений.

Экономическая эффективность применения средств химизации при возделывании ячменя

Расчет экономической эффективности применения средств химизации в технологии возделывания ячменя сорта Эльф проводили, используя такие показатели, как уровень урожайности в натуральном (т) и стоимостном выражении (руб.), себестоимость единицы продукции (т), условно чистый доход (руб.), уровень рентабельности (%) с учетом сложившихся на данный период фактических цен на материально-технические ресурсы и производимую продукцию.

Известно, что важнейшим фактором, определяющим рентабельность производства любого вида сельскохозяйственной продукции, включая зерно, является уровень урожайности, поскольку при повышении урожайности снижается себестоимость и затраты труда на единицу продукции и увеличивается рентабельность производства при условии диспаритета цен на материально-технические ресурсы и производимую продукцию.

Результаты расчета экономической эффективности возделывания ячменя при применении средств химизации различной степени насыщенности приведены в табл. 8.

В наших исследованиях под влиянием применяемых средств химизации отмечалось повышение урожайности зерна ячменя по сравнению с абсолютным контролем. В тоже время увеличивалась и производственная себестоимость единицы продукции. Так себестоимость 1 тонны зерна ячменя в вариантах без применения гуминового препарата изменялась в пределах 1278,2- 2366,5 руб./т. В вариантах с применением биопрепарата Гумистим минимальная себестоимость отмечена в контрольном варианте, наименьший уровень- производственной себестоимости при комплексном применении удобрений и биопрепарата Гумистим достигался в варианте $N_{120}P_{90}K_{180}$ + Гумистим при максимальной урожайности 4,93 т/га. Производственные затраты при этом уровне урожайности на 1 га составляли 10992,6 руб./га при величине чистого дохода 13657,4 руб./га и рентабельности производства 124,2%.

8. Экономическая эффективность выращивания ярового ячменя при применении систем удобрения и биопрепарата Гумистим

Вариант	Средняя урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Производственная себестоимость, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Без применения биопрепарата Гумистим						
Контроль	2,33	11650	2978,3	1278,2	8671,7	291
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	3,91	14550	8726,8	2231,9	5823,2	66,7
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	4,29	21450	10798,4	2517,1	1065,16	98,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	4,63	23150	10956,8	2366,5	12193,2	111,3
С применением биопрепарата Гумистим						
Контроль	2,50	12500	3952,3	1580,9	8547,7	216
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	4,17	20850	9638,6	2311,4	11211,4	116,3
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	4,66	23300	10652,4	2285,9	12647,6	118,7
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	4,93	24650	10992,6	2217,6	13657,4	124,2

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что в условиях функционирования рыночного механизма хозяйствования, стабилизации роста, повышению эффективности производства зерна ярового ячменя будет способствовать внедрение в практику сельскохозяйственного производства внедрение экономически обоснованной технологии производства на основе применения минеральной системы удобрения в комплексе со средствами защиты растений и стимулятором роста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных в 2016- 2018 гг. полевых и лабораторных опытов систематизации и обобщения их результатов позволило заключить следующее:

1. Применение гуминового препарата Гумистим в качестве внекорневой подкормки растений ячменя оказало положительное влияние на формирование элементов структуры урожая ярового ячменя. Наиболее высокие показатели структуры урожая ячменя в среднем получены при обработке посевов ячменя биопрепаратом Гумистим на фоне применения минерального удобрения в дозе N₁₂₀P₉₀K₁₈₀, при этом получено увеличение количества продуктивных стеблей на 83,0 шт./м², масса колоса на 0,18, при увеличении высоты растений на 7,0 см.

2. Максимальную урожайность зерна ярового ячменя 4,93 т/га в среднем за годы исследований обеспечило применение полного минерального удобрения N₁₂₀P₉₀K₁₈₀ в комплексе с биопрепаратом Гумистим при окупаемости 1 кг НРК прибавкой урожая, равной 6,7 кг/кг.

3. Применение удобрений способствовало повышению белковости зерна ячменя в сравнении с контролем в среднем за годы исследований на 3,4%. Отмечена тенденция к увеличению белковости зерна ячменя при применении биопрепарата Гумистим на фоне полного минерального удобрения. Наиболее высокое содержание 13,5% и сбор его с 1 га 0,655 т/га обеспечило

применение полного минерального удобрения $N_{120}P_{90}K_{180}$ на фоне обработки посевов ячменя биопрепаратом Гумистим.

4. Изучаемые в полевых опытах системы удобрения как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, оказывали влияние на изменение биохимического состава зерна ячменя. Отмечено повышение содержания сырой клетчатки, сырой золы, сахаров и снижение содержания сырого жира и крахмала. Содержание сырой клетчатки по вариантам опыта изменялось от 4,3 до 4,9%, сырой золы- от 2,7 до 3,07%, сахаров- от 4,4 до 5,2%, сырого жира- от 2,2 до 1,7%, крахмала- от 60,1 до 56,4%. Наибольшее количество всех аминокислот, в том числе и незаменимых в белковом комплексе зерна ячменя отмечено в варианте с применением полного минерального удобрения $N_{180}P_{90}K_{180}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

5. В среднем за годы исследований изучаемые системы удобрения как при отдельном применении, так и на фоне применения биопрепарата Гумистим, способствовали повышению биометрических показателей зерна ячменя. Зерно ячменя, выращенное на варианте с внесением полного минерального удобрения $N_{180}P_{90}K_{180}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим имело массу 1000 зерен 53,5 г, базисную натуру- 649 г/л, крупность- 95%, выход крупы- 45,8%, пленчатость- 7,4%.

6. Интенсификация применяемых средств химизации способствовала увеличению содержания основных макроэлементов в зерне ячменя. В среднем за годы исследований наибольшее содержание биогенных элементов в зерне ячменя было отмечено при внесении оптимальной дозы NPK в комплексе с биопрепаратом Гумистим ($N_{120}P_{90}K_{180}$ + Гумистим): фосфора- 2450 мг/кг. Калия- 6650 мг/кг, кальция- 1200 мг/кг, магния- 380 мг/кг, натрия- 85 мг/кг, серы- 550 мг/кг, железа- 150 мг/кг.

7. В зерне ярового ячменя. Выращенного на вариантах с оптимальным содержанием NPK ($N_{180}P_{90}K_{180}$), применяемых как отдельно. Так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, содержание токсичных элементов не превышало норматива по ПДК.

8. В среднем за годы исследований остаточное количество нитратов в зерне ячменя по изучаемым вариантам опыта варьировало в пределах 48- 75 мг/кг. Обработка посевов ячменя биопрепаратом Гумистим на фоне $N_{120}P_{90}$ С последовательно возрастающими дозами калия (K_{120} , K_{150} , K_{180}) способствовала снижению концентрации остаточных нитратов в зерне ячменя с 60- 75 мг/кг до 56- 63 мг/кг (ПДК для зерна 93 мг/кг).

9. В среднем за годы исследований удельная активность ^{137}Cs в зерне ячменя на контрольном варианте составляла 15 Бк/кг (норматив 60 Бк/кг). Внесение азотного удобрения в составе $N_{90}P_{60}$ и $N_{120}P_{90}$ повышало удельную активность ^{137}Cs в зерне ячменя. Применение повышенных доз калия в составе полного минерального удобрения уменьшало удельную активность ^{137}Cs в зерне ячменя по сравнению с контролем в 1,15- 2,50 раза. Внесение биопрепарата Гумистим на фоне полного минерального удобрения различной степени насыщенности способствовало снижению удельной активности ^{137}Cs в

зерне от 2,14 до 5,00 раз. Зерна ячменя по содержанию в нем ^{137}Cs соответствует нормативу и пригодно для использования на пищевые и кормовые цели без ограничений.

10. Расчет экономической эффективности применения средств химизации при возделывании ярового ячменя на радиоактивно загрязненной почве показал, что в условиях проводимого эксперимента наиболее экономически выгодно применение минеральной системы удобрения в комплексе с гуминовым биопрепаратом Гумистим ($\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ + Гумистим). В этом варианте получен чистый доход в сумме 13657,3 руб./га при уровне рентабельности 124,2%.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой радиоактивно загрязненной супесчаной почве юго-запада Центрального региона Нечерноземной зоны в звене полевого севооборота рекомендуем применять минеральную систему удобрения ($\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$) в комплексе с обработкой посевов гуминовым препаратом Гумистим в фазу начала колошения из расчета 6 л/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Провести углубленные исследования по изучению действия перспективного органо-минерального препарата на основе биологически активного компонента «Геотон», определить сроки, способы его внесения под зерновые культуры на дерново-подзолистых радиоактивных почвах для разработки энергосберегающей технологии, обеспечивающей повышение продуктивности сельскохозяйственных культур на 15-18%.

Изучить действие комплексного применения средств химизации, включая биологически активный органо-минеральный компонент «Геотон» на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы легкого гранулометрического состава.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Изучение удобрений и биопрепарата Гумистим при выращивании ячменя в условиях радиоактивного загрязнения / **М.М. Кизюля**, В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич, М.М. Кабанов // *Агрохимический вестник*. – 2017. – №3. – С.23-26.
2. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим на урожайность и качество зерна ячменя при возделывании на радиоактивно загрязненной почве / **М.М. Кизюля**, А.Г. Калинов, Л.П. Харкевич, В.Ф. Шаповалов, Н.С. Шпилев // *Агрохимический вестник*. – 2019. – №4. – С.54-57.

3. Агроэкологическая оценка применения минеральных удобрений и гуминового препарата при возделывании ярового ячменя на радиоактивно загрязненной почве / **М.М. Кизюля**, А.Г. Калинов, В.Ф. Шаповалов, И.Я. Пигорев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №7. – С.51-57.

Статьи в прочих изданиях

1. Кизюля М.М. Влияние различных доз и сочетаний минеральных удобрений и биопрепарата «Гумистим» на урожайность и качество зерна ячменя в условиях радиоактивного загрязнения / М.М. Кизюля // Материалы XIII междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2016. Ч.2. – С. 200-205.

2. Кизюля М.М. Влияние удобрений и биопрепарата гумистим на урожайность и качество зерна ячменя в условиях радиоактивного загрязнения / М.М. Кизюля // Материалы XIV междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2017. – С. 101-106.

3. Кизюля М.М. Оценка применения удобрений и биопрепарата Гумистим при выращивании ячменя в условиях радиоактивного загрязнения/ М.М. Кизюля // Материалы научно-практ. конф. с междунар. участием «Научные стационары: реалии, научная проблематика и инновации». – Томск СибНИИСХиТ, 15 ноября 2017 г. – С.162-170.

4. Эффективность минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве / **М.М. Кизюля**, А.Г. Калинов, С.Н. Поцепай, А.Л. Силаев, В.Ф. Шаповалов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №4 (74). – С. 22-27.

5. Оценка влияния удобрений и некорневой обработки препаратом Гумистим ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов / **М.М. Кизюля**, А.Г. Калинов, Д.М. Ситнов, А.В. Кубышкин, В.Ф. Шаповалов // Материалы XV междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2018. – С. 129-135.

6. Влияние средств химизации на урожайность и качество зерна ячменя при возделывании на радиоактивно загрязненной почве / **М.М. Кизюля**, А.Г. Калинов, Д.М. Ситнов, А.В. Кубышкин, А.Л. Силаев // Материалы XVI междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2019. – С. 145-151.