

*На правах рукописи*

**КАЛИНОВ Александр Геннадьевич**

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ  
ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ЮГО-ЗАПАДЕ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ  
АВАРИИ НА ЧАЭС**

Специальность 06.01.04-Агрохимия

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

Брянск – 2022

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении «Брянский государственный аграрный университет» в 2018-2021 гг.

Научный  
руководитель

**Белоус Николай Максимович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный  
университет»

Официальные  
оппоненты:

**Капранов Владимир Николаевич**  
доктор сельскохозяйственных наук, старший научный  
сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Исследователь-  
ский Центр «Немчиновка», лаборатория сортовых  
технологий озимых зерновых культур и систем при-  
менения удобрений, главный научный сотрудник

**Долгополова Наталья Валерьевна**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор кафедры растениеводства, селекции и се-  
меноводства, ФГБОУ ВО «Курская ГСХА»

Ведущая  
организация

ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный науч-  
ный центр РАН»

Защита состоится «30» сентября 2022 года в «10<sup>00</sup>» 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](mailto: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 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации: <http://vak.minobrnauki.gov.ru>

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор с.-х. наук

Дьяченко  
Владимир Викторович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Одна из ключевых задач, стоящих перед земледельцами юго-запада Центрального региона России, способствующая решению проблемы продовольственной безопасности населения, является стабильно устойчивое производство высококачественного зерна, пригодного для производства разнообразных продуктов питания и укрепления кормовой базы животноводческой отрасли. В центральном Нечерноземье решение задач по увеличению товарных ресурсов зерна должно обеспечиваться за счет интенсификации растениеводства, базирующейся на применении научно-обоснованных современных элементов технологии возделывания высокопродуктивных современных сортов зерновых культур с учетом ресурсосбережения и экологизации производства (Мерзлая, Афанасьев, 2019; Сычев и др., 2020).

Центральное Нечерноземье, характеризующееся благоприятными погодноклиматическими и экономическими условиями, идеально подходит для возделывания такой важнейшей продовольственной и кормовой культурой как яровая ячмень (Ториков, 2012).

Площади посева ярового ячменя в России к настоящему периоду времени едва превышали 33 тыс. га и поэтому их необходимо увеличивать (Музраев, 2022).

Реально увеличить объемы производства зерна на основе повышения урожайности за счет расширения биологизации и экологизации растениеводства и в том числе применяя современные средства химизации, включая минеральные удобрения и различные биопрепараты, регулирующие и стимулирующие протекание ростовых и синтетических процессов в растениях и повышающих адаптивность растений в стрессовых ситуациях, включая радиоактивное загрязнение агроценозов в отдаленный период после аварии на ЧАЭС вполне реальная задача для сельхозпроизводителей.

Исходя из этого, исследования, направленные на разработку эффективных технологических приемов возделывания ярового ячменя на основе применения средств химизации, включающих минеральные удобрения, биологически активные препараты, повышающие биогенность ризосферы и биосферы в условиях техногенного загрязнения территории актуальны.

**Степень разработанности темы.** Изучению вопросов, связанных с оптимизацией минерального питания ярового ячменя в условиях различных типов почв в разное время посвящены работы Н.Т. Янковского, С.Н. Доценко (2013); П.Д. Бугаева, С.Л. Белопухова и других (2014); Я.В. Берсенова (2016); И.В. Тованчева (2017); Н.А. Кирпичникова, С.П. Бижан (2018).

Применение новейших биологических препаратов, способствующих формированию высоких урожаев ячменя хорошего качества, отражены в работах А.Н. Левченковой, Т.И. Володиной (2013); И.И. Гуреева, М.Н. Жердева (2015); А.Л. Бежнева (2015); Г.А. Филенко, Т.И. Фирсовой, А.А. Донцовой (2016); А.Г. Тимаковой, В.В. Мамеева, Н.Е. Павловской (2019) и др.

В условиях радиоактивного загрязнения территории, особенно на дерново-подзолистых почвах лёгкого гранулометрического состава в отдаленный период после аварии на ЧАЭС вопросы повышения урожаев экологически безопасного зерна ярового ячменя по удельной активности в нём радионуклидов до настоящего времени освещались в работах М.М. Кизюля, В.Ф. Шаповалова, Л.П. Харкевич, М.М. Кабанова (2017), М.М. Кизюля, А.Г. Калинова, В.Ф. Шаповалова, И.Я. Пигарева (2019).

**Цель исследований.** Изучить эффективность комплексного применения удобрений и биопрепарата Гумистим на формирование урожайности и качества зерна ярового ячменя сорта Эльф при радиоактивном загрязнении агроценозов.

### **Задачи исследований:**

- изучить влияние доз, сочетаний и соотношений минеральных удобрений биопрепарата Гумистим на урожайность ячменя, его окупаемость в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий;

- определить изменение структуры урожая зерна ярового ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения;
- исследовать действие применяемых систем удобрения на качественные показатели товарной продукции ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения почвы;
- выявить действие удобрений и биопрепарата Гумистим на величину удельной активности  $Cs^{137}$  в урожае товарной продукции ярового ячменя;
- рассчитать баланс элементов питания в дерново-подзолистой супесчаной почве;
- рассчитать экономическую эффективность применяемых систем удобрения при возделывании ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов.

**Научная новизна.** Впервые на дерново-подзолистой легко суглинистой радиоактивно загрязненной почве изучено влияние комплексного применения средств химизации на формирование продуктивности ярового ячменя. Выявлена роль калийного удобрения на азотно-фосфорном фоне разной степени насыщенности, включая применение биопрепарата Гумистим на увеличение продуктивности ярового ячменя и его качества. Установлена роль биопрепарата Гумистим в повышении продуктивности, качества товарной продукции при возделывании ярового ячменя на радиоактивно загрязнённой дерново-подзолистой почве легкого гранулометрического состава.

Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне применения биопрепарата Гумистим уменьшало концентрацию  $^{137}Cs$  в товарной продукции относительно контроля в 3,1 раза, что ниже действующего норматива в 8,6 раза. Результаты исследований послужили основой для разработки практических рекомендаций сельхозпроизводителям при возделывании ярового ячменя на радиоактивно загрязнённой территории.

**Теоретическая и практическая значимость результатов исследований.** На основании результатов проведенных исследований установлены критерии оценки эффективности применяемых средств химизации при использовании их на низко плодородной дерново-подзолистой почве в условиях радиоактивного загрязнения для получения максимально возможной урожайности хорошего качества зерна ячменя, выявлена роль последовательно возрастающих доз калия в составе полного минерального удобрения и биопрепарата Гумистим в изменении уровня урожайности и качество зерна ярового ячменя, что в перспективе позволяет оптимизировать дозы применяемых удобрений в комплексе с биологически активными препаратами.

Результаты исследований апробированы в экспериментальном хозяйстве Новозыбковской СХОС-филиал ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса на площади 120 га где применяли минеральное удобрение  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в комплексе с биопрепаратом Гумистим, урожайность зерна ярового ячменя сорта Эльф составила 5,2 т/га.

**Методология и методы исследования.** При подготовке программы исследования руководствуясь принципом использования теоретического материала и экспериментальных данных отечественных и зарубежных исследователей при интенсификации и биологизации земледелия в технологиях возделывания ярового ячменя, оценке эффективности средств химизации при комплексном применении на урожайность и качество зерна в условиях радиоактивного загрязнения почвы.

При планировании, постановке и проведении полевого эксперимента руководствовались методикой опытного дела (Б.А. Доспехов, 1985). Результаты экспериментальных данных обрабатывали статистическим методом дисперсионного и корреляционного анализа по методике Б.А. Доспехова (1985). Согласно «Методическим указаниям по проведению длительных опытов с удобрениями 1975, 1983 гг.». Экономическую эффективность применяемых систем удобрения рассчитывали, руководствуясь методикой ВНИИ экономики сельского хозяйства с использованием типовых технологических карт.

#### **Защищаемые положения:**

- Оценка действия комплексного применения минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим на формирование урожайности и показателей структуры урожая ярового ячменя;
- Изменение показателей качества зерна ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения и биопрепарата Гумистим в условиях радиоактивного загрязнения почвы;

- Баланс элементов питания в дерново-подзолистой почве в зависимости от применяемых систем удобрения;

- Расчет экономической эффективности применяемых систем удобрения при возделывании ярового ячменя в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов.

**Достоверность результатов экспериментальных исследований.** Исследования выполняли в течение 3 лет на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ согласно программы утвержденной на заседании Ученого совета института экономики и агробизнеса Брянского ГАУ. Исследования осуществляли с применением современных систем, машин и агрегатов. Анализ результатов исследований и их интерпретация подтверждена статистической обработкой полученного экспериментального материала методом дисперсионного и корреляционного анализа. По результатам проведенных исследований ежегодно осуществляли доклады на научно-практических конференциях «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК Брянской области 2018-2020 гг.». Научные результаты опубликованы в научных статьях, в том числе в изданиях из перечня ВАК РФ. В результате проведенных исследований на основе полученной информации и её детального анализа были сделаны выводы, подготовлены практические рекомендации для сельхозпроизводителей.

**Апробация результатов исследования.** Полученные в ходе исследований результаты ежегодно докладывали на расширенных заседаниях кафедры агрохимии, почвоведения и экологии в 2017-2019 гг., на XV и XVI Международных научных конференциях «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2018; Брянск, 2019).

**Публикация результатов исследования.** По итогам диссертационной работы опубликовано 7 статей, из них 4 в изданиях по списку ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

**Структура и объем диссертационной работы.** Материалы по диссертации изложены на 191 странице компьютерного текста, который структурно состоит из введения, 4 глав, заключения с рекомендациями производству, содержит 19 таблиц, 15 рисунков, 53 приложения. Список литературы включает 310 наименований, в том числе 12 иностранных авторов.

**Личный вклад автора.** Соискатель самостоятельно сформулировал программу, постановку цели и задачи исследования, выбор методов. Лично проводил закладку полевых опытов, лабораторно-аналитических исследований, наблюдений и учётов. Провёл детальный анализ и обобщение полученного экспериментального материала, выполнил математическую обработку экспериментальных данных. Подготовил и опубликовал научные статьи в научных изданиях, написал диссертационную работу, личный вклад соискателя 93%.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Обзор литературы

В главе сделан обзор литературных источников отечественных и зарубежных авторов по теме исследований. Осуществлено теоретическое обоснование изучения избранной темы. Освещена роль средств химизации при комплексном применении, интенсификации и биологизации земледелия в условиях радиоактивного загрязнения территории.

### Глава 2. Место, условия и схема опыта

Экспериментальные исследования проводили 2018-2020 годах на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ, в полевом стационарном опыте Новозыбковского филиала Брянского ГАУ в звене полевого севооборота: люпин на зеленый корм - озимая пшеница - ячмень - овес - озимая рожь. Почва опытного поля дерново-подзолистая, супесчаная, до закладки опыта содержала органического вещества (по Тюрину) 2,12 – 2,23%, рН<sub>KCl</sub> 5,28 – 5,48, подвижного фосфора и обменного калия, соответственно 368 – 386 и 108 – 135 мг/кг (по Кирсанову). Плотность загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs в пределах 226 - 248 кБк/м<sup>2</sup>. Повторность опыта - трехкратная, размещение делянок - систематическое. Общая площадь опытной делянки 120 м<sup>2</sup>, учетная площадь опытной делянки первого порядка 50 м<sup>2</sup>, второго

– 50 м<sup>2</sup>. Возделывали сорт ярового ячменя (*Hordeum sativum* L.) Эльф, с нормой высева семян 5,0 млн всхожих зерен на 1 га. Ячмень возделывали по общепринятой для зоны технологии. Минеральные удобрения в форме Naa (34,5 N), Pс.г. (48 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Kх (56% K<sub>2</sub>O) вносили вручную, вразброс под предпосевную обработку почвы. Обработку растений ячменя биопрепаратом Гумистим проводили в фазу выхода в трубку – начала колошения ячменя из расчета 6 л/га препарата, совмещая с обработкой против вредных организмов.

Схема опыта: 1. контроль (без удобрений); 2. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> – фон I; 3. фон I + K<sub>60</sub>; 4. фон I + K<sub>90</sub>; 5. фон I + K<sub>120</sub>; 6. N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> – фон II; 7. фон II + K<sub>120</sub>; 8. фон II + K<sub>150</sub>; 9. фон II + K<sub>180</sub>; 10. Гумистим; 11. фон II + Гумистим; 12. фон II + K<sub>120</sub> + Гумистим; 13. фон II + K<sub>150</sub> + Гумистим; 14. фон II + K<sub>180</sub> + Гумистим.

### Климатические и агрометеорологические условия

Брянская область в географическом аспекте определяется как часть юго-западной окраины Полесской низменности Нечерноземной зоны Российской Федерации, характеризующейся как бореально почвенно-климатический пояс таежно-лесной зоны. Область представлена слабоволнистой равниной со склоном с северо-востока в направлении юго-запада с заметной расчлененностью и заовраженностью территории.

В целом климат Брянской области характеризуется как достаточно умеренно континентальный и благоприятный для роста и развития сельскохозяйственных культур, включая яровой ячмень, со среднегодовой температурой воздуха +6,6°С. Теплый период фиксируется в среднем с конца марта и завершается обычно во второй декаде ноября месяца. В среднем продолжительность периода с температурой выше 0°С, 5°С, 10°С, 15°С составляет 234, 189, 144 и 89 дней соответственно. При этом суммы температур свыше 5°С равны 2620°С, свыше 10°С равны 2275°С и 15°С равны 1565°С. Колебания суммы температур выше 10°С за вегетационный период фиксируются в пределах 2200-2420°С. Годовая сумма атмосферных осадков колебалась от 580 до 625 мм.

Погодно-климатические условия в годы проведения характеризовались некоторым разнообразием со среднемесячной температурой воздуха, превышающей среднемноголетние значения, а количество атмосферных осадков за вегетационный период в среднем не превышает 316 мм и с июльским максимумом 80 мм (рис. 1).

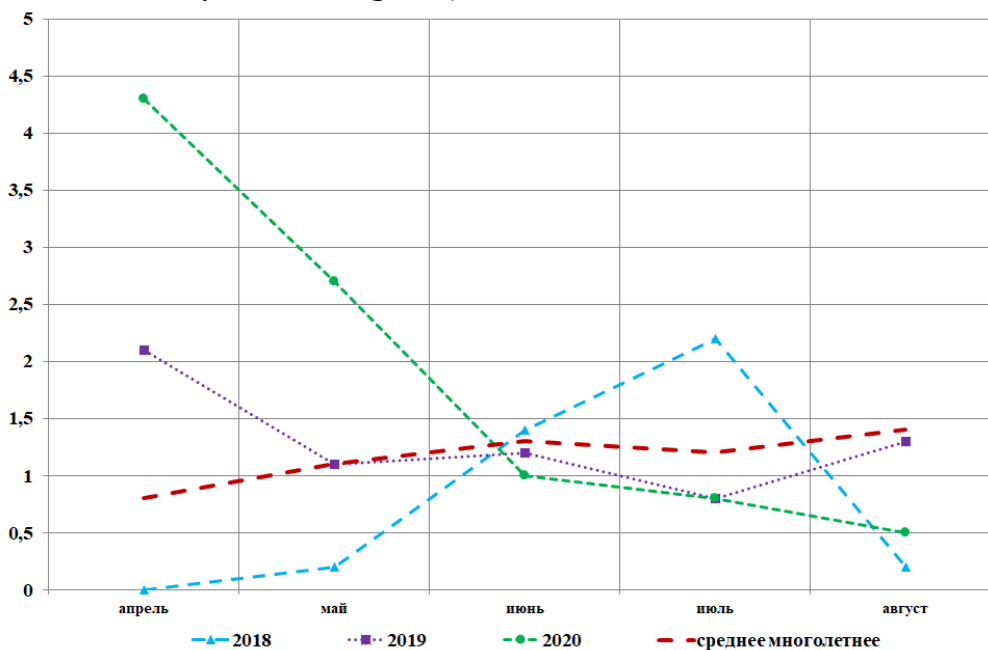


Рисунок 1 – Среднемесячные значения ГТК весенне-летнего периода вегетации, 2018 – 2020 гг.

Наиболее благоприятными по погодно-климатическим условиям для роста и развития ярового ячменя были вегетационные периоды 2018 и 2020 годов.

### Глава 3. Результаты исследований

#### 3.1. Действие средств химизации на изменение элементов структуры ярового ячменя

Установлено, что основным и определяющим моментом при возделывании зерновых хлебов в условиях интенсификации земледелия является формирование оптимальной плотности стеблестоя возделываемого сорта. При этом уровень урожайности на 50% определяется плотностью продуктивного стеблестоя, на 25% зависит от количества зерен в колосе, а 25% урожайности определяется массой 1000 зёрен (Convreur, 1985).

Урожайность зерна ячменя в первую очередь определяется такими элементами структуры, как продуктивный стеблестой, сохранность растений к уборке, масса 1000 зерен, масса зерна в колосе (Войтович, Ерошенко, 2010).

В наших исследованиях показатели, определяющие продуктивность ярового ячменя, изменялись под влиянием средств химизации.

Проведёнными исследованиями установлено, что показатели структуры урожая ярового ячменя определялись уровнем интенсификации применяемых средств химизации, включая обработку посевов биопрепаратом Гумистим (табл. 1).

Таблица 1. Влияние систем удобрения на структуру урожая ярового ячменя (среднее за 2018-2020 гг.)

Вариант	Элементы структуры урожая					
	количество растений к уборке, шт./м <sup>2</sup>	число продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	продуктивная кустистость	длина колоса, см	количество зерен в колосе, шт.	высота растений, см
Контроль	375	524	1,39	7,3	17,7	65,1
Гумистим	394	552	1,40	9,6	20,0	67,1
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	418	626	1,49	10,0	23,9	74,8
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	435	653	1,50	10,2	24,1	77,8
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	445	667	1,49	10,3	24,7	77,9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	451	677	1,50	10,4	25,0	79,3
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + Гумистим	420	630	1,40	9,9	24,7	70,1
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + Гумистим	430	646	1,50	10,1	25,3	80,1
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> + Гумистим	448	673	1,50	10,1	25,5	80,9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + Гумистим	482	773	1,60	10,4	25,6	81,3
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>7,1</b>	<b>7,6</b>		<b>0,45</b>	<b>0,04</b>	

За годы проведения исследований в среднем под влиянием применяемых средств химизации количество растений ячменя к уборке изменялась от 375 (контроль) до 482 шт./м<sup>2</sup> (вариант N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> + Гумистим). Обработка растений ячменя биопрепаратом способствовала увеличению выживаемости растений к уборке (на 10,5%), изменялись в сторону увеличения и другие элементы структуры урожая ячменя. Относительно более высокие показатели значений элементов структуры урожая ячменя были отмечены при внесении минерального удобрения в дозе N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>, где количество растений к уборке относительно контрольного варианта повысилось на 12%, количество продуктивных стеблей возросло с 524 до 677

шт./м<sup>2</sup>, продуктивная кустистость была на уровне 1,50 ед., при увеличении числа зерен в колосе на 7,3 шт., длина колоса возросла с 9,5 до 10,4 см, а высота растений с 65,1 до 79,3 см.

Обработка вегетирующих растений ярового ячменя биопрепаратом Гумистим при внесении N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> благоприятно сказалось на изменении показателей структуры урожая ячменя как относительно контроля, так и относительно варианта N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>. Достижение максимальных значений показателей структуры урожая обеспечило применение биопрепарата Гумистим в комплексе с полным минеральным удобрением N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>.

В целом необходимо отметить, что более высоких значений показателей структуры урожая ячменя достигали в 2018 и 2020 годах.

### 3.2. Действие систем удобрения на урожайность зерна ярового ячменя

Проведенными исследованиями установлено, что самый низкий урожай зерна ярового ячменя по изучаемым системам удобрения формировался в условиях 2019 года, варьируя по вариантам опыта от 2,24 до 5,10 т/га, составляя в среднем по опыту 3,65 т/га. Высоким уровнем урожайности характеризовался 2018 год (табл. 2). Самая низкая урожайность зерна ячменя 2,33 т/га в среднем за годы проведения исследований отмечена на контроле (рис. 2).

Таблица 2. Влияние удобрений в комплексе с биопрепаратом Гумистим на урожайность зерна ячменя (2018-2020 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка		Окупаемость удобрений при- бавкой, кг/кг
		к контролю	от Гумистима	
Контроль (без удобрений)	2,33	-	-	-
Гумистим	2,50	0,17	0,17	-
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	3,79	1,46	-	5,0
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	4,04	1,71	-	5,1
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	4,26	1,93	-	5,4
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	4,63	2,30	-	5,9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + Гумистим	4,15	1,82	0,36	8,7
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + Гумистим	4,49	2,16	0,45	6,5
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> + Гумистим	4,75	2,42	0,49	6,7
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + Гумистим	4,99	2,66	0,36	6,8
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>0,26</b>			



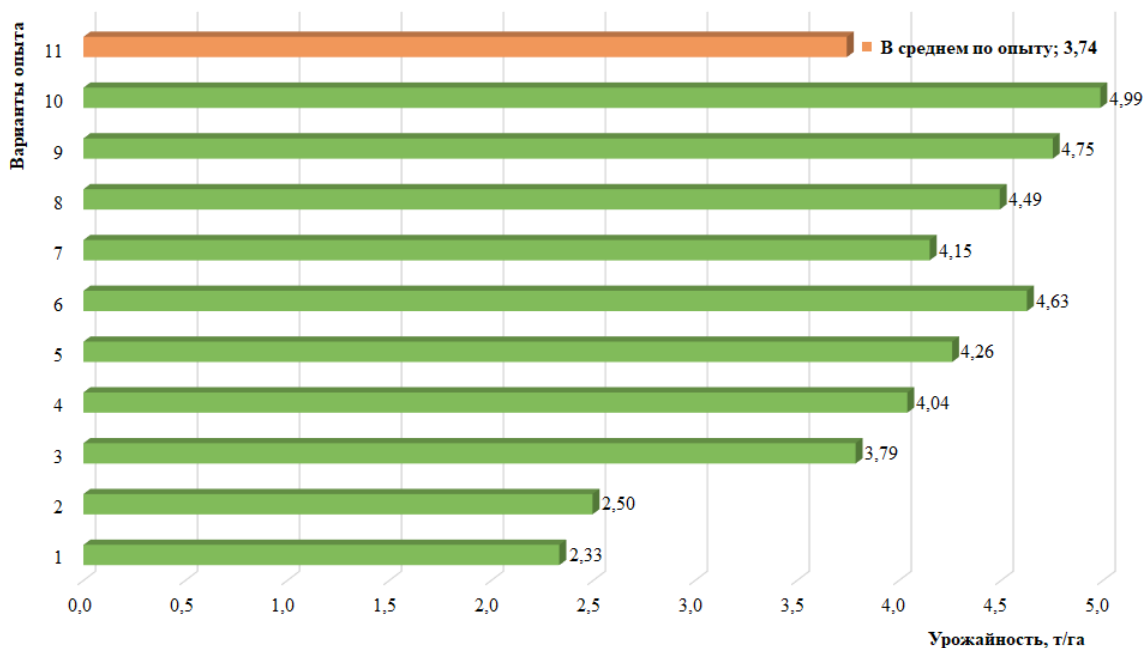


Рисунок 2 – Урожайность зерна ярового ячменя зависимости от применяемых удобрений и биопрепарата, т/га (среднее за 2018-2020 гг.)  $НРС_{0,05} = 0,26$  т/га

При применении дозы азотно-фосфорного удобрения  $N_{120}P_{90}$  отмечено повышение урожайности зерна ячменя по сравнению с контролем в среднем на 1,46 т/га или на 62,7%. Применение последовательно возрастающих доз калия в составе  $N_{120}P_{90}$  повышало урожайность зерна ячменя в среднем на 1,71-2,30 т/га или на 73,4-98,7% относительно контроля.

При обработке растений ячменя гуминовым биопрепаратом Гумистим отмечено увеличение урожайности зерна ячменя на 0,17 т/га или на 7,3%.

Применение биопрепарата Гумистим на фоне азотно-фосфорного удобрения  $N_{120}P_{90}$  способствовало повышению урожайности зерна ячменя в сравнении с  $N_{120}P_{90}$  на 0,36 т/га, а в сравнении с контрольным вариантом на 1,82 т/га или 78,1%. Обработка вегетирующих растений гуминовым биопрепаратом на фоне  $N_{120}P_{90}$  с возрастающими дозами калия (120,150 и 180 кг/га, д.в.) способствовало формированию урожайности зерна ячменя в среднем на уровне 4,49, 4,75 и 4,99 т/га соответственно. Прибавки урожая зерна от применения гуминового биопрепарата в среднем составляли 0,17 до 0,49 т/га. В среднем за годы исследований самый высокий урожай зерна ячменя - 4,99 т/га был получен в варианте при комплексном применении удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне использования биопрепарата Гумистим.

Наиболее высокая окупаемость зерна ячменя прибавкой урожая 8,7 кг/кг получена в варианте  $N_{120}P_{90} +$  Гумистим. Внесение полного минерального удобрения с возрастающими дозами калия в комплексе с биопрепаратом Гумистим окупаемость удобрений прибавкой зерна изменялась в пределах 6,5-6,8 кг/кг.

## Глава 4. Изменение качества зерна ярового ячменя под влиянием комплексного применения систем удобрений и биопрепарата Гумистим

### 4.1. Изменение биохимических показателей зерна ячменя под влиянием средств химизации

Проведенными исследованиями установлено, что под влиянием применяемых удобрений как при отдельном внесении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим отмечено повышение белковости зерна ячменя (табл. 3).

Таблица 3. Содержание сырого белка в зерне ярового ячменя, %

Вариант \ Год	2018	2019	2020	Среднее
Контроль (без удобрений)	9,8	10,8	10,2	10,3
Гумистим	10,8	10,8	10,6	10,7
$N_{120}P_{90}$	12,9	12,6	12,7	12,7
$N_{120}P_{90}K_{120}$	13,4	13,2	13,2	13,3
$N_{120}P_{90}K_{150}$	13,4	13,6	13,3	13,4
$N_{120}P_{90}K_{180}$	13,5	13,6	13,5	13,5
$N_{120}P_{90}$ + Гумистим	13,6	13,4	13,3	13,4
$N_{120}P_{90}K_{120}$ + Гумистим	13,7	13,5	13,5	13,6
$N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим	13,7	13,8	13,6	13,7
$N_{120}P_{90}K_{180}$ + Гумистим	13,7	13,8	13,7	13,7
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>0,81</b>	<b>0,89</b>	<b>0,92</b>	

Так, в среднем за три года исследований содержание сырого белка в зерне ячменя по вариантам опыта варьировало в пределах 10,2...13,5% (рис. 3). Обработка растений ячменя биопрепаратом Гумистим способствовала повышению содержания сырого белка в зерне ячменя относительно контроля на 0,4%.

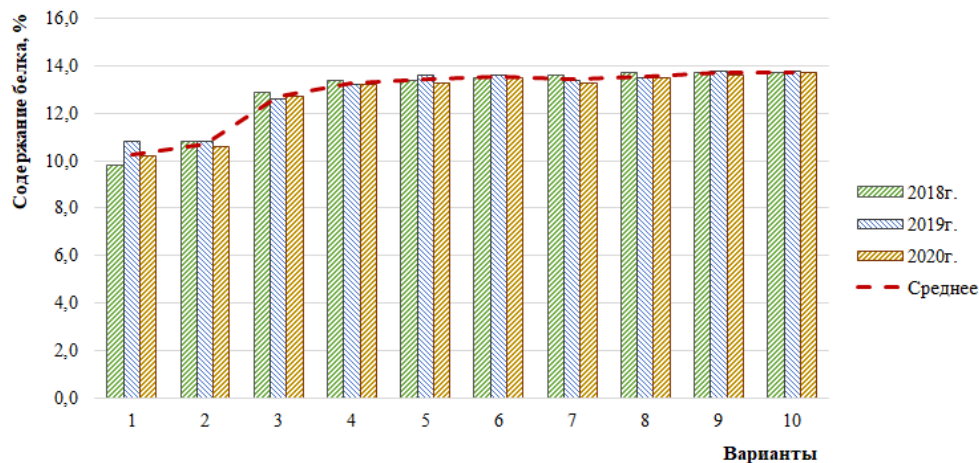


Рисунок 3 – Содержание сырого белка в зерне ярового ячменя, %  
(среднее за 2018-2020 гг.)

При внесении дозы азотно-фосфорного удобрения до  $N_{120}P_{90}$  содержание сырого белка в зерне ячменя относительно контроля повышалась на 2,5%, составляя 12,7%. При внесении последовательно возрастающих доз калия 120,150 и 180 кг/га д.в. на фоне внесения  $N_{120}P_{90}$  было отмечено повышение белковости зерна ярового ячменя с 12,7% до 13,5% или в 1,1 раза.

Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне ячменя было получено в вариантах с применением биопрепарата Гумистим на фоне полного минерального удобрения с высокими дозами калия, где его содержание достигало уровня 13,5%.

Величина сбора белка с единицы посевной площади определялись уровнем продуктивности ячменя и процентным содержанием сырого белка в зерне в зависимости от интенсификации применяемых средств химизации. Наиболее высокие размеры сбора сырого белка с урожаем получены в 2018 и 2020 годах. От применения биопрепарата Гумистим сбор сырого белка по сравнению с контролем увеличивался на 0,31 т/га или на 11,3% (рис. 4). Обработка растений ячменя биопрепаратом на фоне полного минерального удобрения способствовало увеличению сбора сырого белка с урожаем зерна ярового ячменя. В среднем за годы проведения опытов самый высокий сбор сырого белка (0,685 т/га) получен на варианте  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

Проведенными исследованиями установлено, что изучаемые системы удобрения ярового ячменя оказывали определенное влияние на формирование показателей биохимического состава зерна ярового ячменя. Так, зольность зерна ячменя заметно изменялась по годам исследования (табл. 4).

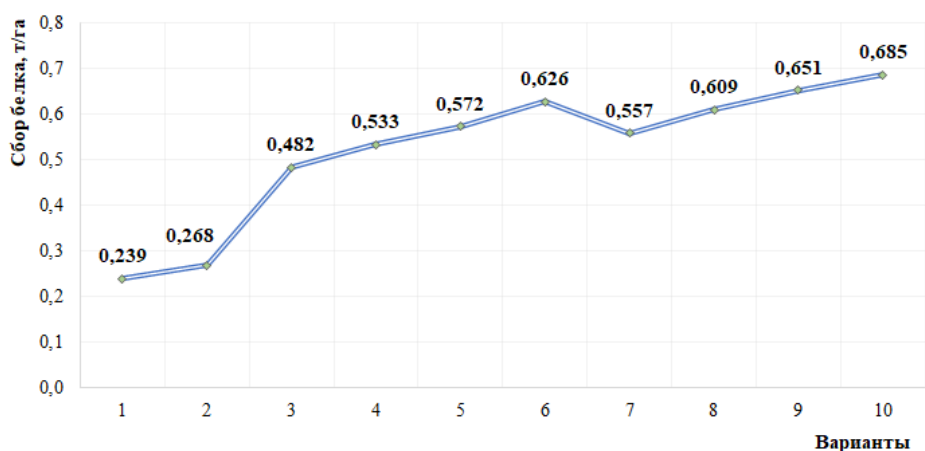


Рисунок 4 – Сбор сырого белка с урожаем зерна ячменя, т/га  
(среднее за 2018-2020 гг.) НРС<sub>0,05</sub> = 0,05 т/га

Таблица 4. Биохимический состав зерна ячменя, % (среднее за 2018- 2020 гг.)

Вариант	Содержание, %				
	сырая зола	сырая клетчатка	сырой жир	сахара	крахмал
Контроль (без удобрений)	2,69	8,8	2,3	4,6	60,0
Гумистим	2,74	7,9	2,0	4,9	59,9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	2,80	7,9	1,7	5,0	57,2
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	2,86	8,0	1,8	5,2	58,4
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	2,88	8,1	1,7	5,4	58,8
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	2,90	7,9	1,7	5,5	57,4
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + Гумистим	2,97	8,2	1,8	5,2	58,6
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + Гумистим	3,04	7,8	1,8	5,3	57,5
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> + Гумистим	3,06	8,0	1,7	5,6	57,2
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + Гумистим	3,09	7,8	1,7	5,7	56,8
<b>НРС<sub>0,05</sub></b>	<b>0,33</b>	<b>0,65</b>	<b>0,36</b>	<b>0,33</b>	<b>1,36</b>

Более высокое содержание сырой золы в зерне ячменя отмечено в агроклиматических условиях 2020 года. В среднем за 3 года исследований содержание сырой залы в зерне ячменя по рассматриваемым вариантам опыта изменялась от 2,69% (контроль) до 3,09% в варианте N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> + Гумистим.

Следует отметить, что обработка посевов ярового ячменя биопрепаратом Гумистим, как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями повышало содержание сырой залы в зерне ячменя при максимальном значении (3,09%) на фоне применения минерального удобрения в дозе N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

В наших исследованиях содержание сырой клетчатки в зерне ячменя по вариантам опыта в среднем изменялось от 8,8 до 7,8%. То есть, под влиянием применяемых систем удобрения отмечено снижение содержания сырой клетчатки в зерне ячменя. Наиболее высокое содержание сырой клетчатки в зерне ячменя было отмечено в условиях 2019 года. Применение биопрепарата Гумистим как отдельно, так и в комплексе с минеральными удобрениями снижало содержание сырой клетчатки в зерне ячменя.

В наших исследованиях содержание сырого жира в зерне ярового ячменя снижалось под влиянием применяемых систем удобрения в среднем с 2,3 до 1,7%. Применение биопрепарата Гумистим как отдельно, так и на фоне изучаемых систем удобрения (включая кон-

трольный вариант) не оказало заметного влияния на изменение содержания сырого жира в зерне ячменя.

Нашими исследованиями установлено, что в процессе интенсификации применяемых средств химизации при возделывании ярового ячменя отмечалось повышение содержания сахаров в зерне. В среднем за три года проведения полевых и лабораторных исследований содержание сахаров в зерне ячменя изменялось в пределах 4,6-5,7%. Наиболее высокое содержание сахаров в наших исследованиях было получено при применении полного минерального удобрения в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне обработки посевов ячменя биопрепаратом Гумистим.

В наших исследованиях было установлено, что под влиянием средств химизации, как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим способствовали снижению содержания крахмала в зерне ячменя. В среднем за годы исследований содержание крахмала в зерне ячменя по изучаемым системам удобрения варьировало в пределах 60,0...56,8%. Обработка растений биопрепаратом Гумистим не оказала существенного влияния на изменение содержания крахмала в зерне ячменя.

Важнейшим и наиболее значимым показателем качества зерна зерновых культур является аминокислотный состав белков, который определяет биологическую ценность в целом всего белкового комплекса зерна хлебных злаков (Козьмина и др., 2006). Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что аминокислотный состав зерна ярового ячменя формировался в зависимости от применяемых систем удобрения (табл. 5).

Проведенными исследованиями установлено, что под влиянием применяемых систем удобрения отмечено изменение содержания аминокислот в белковом комплексе зерна ярового ячменя в том числе и незаменимых.

Применение возрастающих доз калия в составе полного минерального удобрения способствовало увеличению содержания аминокислот в белковом комплексе зерна ячменя. При комплексном применении минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$  и биопрепарата Гумистим отмечено повышение суммы всех аминокислот включая и незаменимых. Среди незаменимых аминокислот явное преобладание было за лейцином + изолейцином (1,408-1,752 г/кг) и валином (0,659-0,856 г/кг). Среди свободных аминокислот преимущество имели пролин (1,631-1,899 г/кг). Наибольшая сумма всех аминокислот 12,515 г/кг была получена в варианте  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

Таблица 5. Аминокислотный состав зерна ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения (г на 1 кг воздушно-сухого вещества) (среднее за 2018-2020 гг.)

Аминокислоты	Варианты			
	контроль	$N_{120}P_{90}K_{120}$	$N_{120}P_{90}K_{180}$	$N_{120}P_{90}K_{180}$ + Гумистим
Незаменимые				
Валин (Val)	0,659	0,732	0,736	0,856
Гистидин (His)	0,573	0,586	0,596	0,621
Метионин (Met)	0,566	0,576	0,583	0,594
Лейцин (Leu) + Изолейцин	1,408	1,460	1,475	1,752
Лизин (Lys)	0,562	0,583	0,598	0,622
Треонин (Thr)	0,366	0,531	0,651	0,688
Триптофан (Trp)	0,083	0,095	0,097	0,103
Фенилаланин (Phe)	0,601	0,648	0,682	0,726
Сумма незаменимых	4,818	5,211	5,418	5,962
Остальные				
Аланин (Ala)	0,718	0,738	0,741	0,763
Аргинин (Arg)	0,589	0,846	0,933	1,066
Аспарагин (Asp)	0,362	0,428	0,452	0,463
Глицин (Gly)	0,430	0,572	0,628	0,688
Пролин (Pro)	1,631	1,646	1,726	1,899
Серин (Ser)	0,576	0,621	0,638	0,668
Тирозин (Tyr)	0,238	0,296	0,438	0,463
Цистин (Cys)	0,218	0,368	0,473	0,543
Общая сумма всех аминокислот	9,580	10,726	11,447	12,515

#### 4.2. Действие средств химизации на физические показатели качества зерна ячменя

Физические (технологические) показатели качества зерна хлебных злаков в значительной мере зависят от сортовых особенностей (Бельченко и др., 2007), а также в определенной степени определяются действием удобрений и других средств химизации (Справцева, 2019). Наиболее значимыми принято считать такие как масса 1000 зерен, натура, пленчатость, выполненность и др.) имеющие определенную значимость при перемещении, переработке и хранении зерна.

В наших исследованиях масса 1000 зерен формировалась в зависимости от метеорологических условий в течение периода вегетации влиянием применяемых систем удобрения. Масса 1000 зерен в условиях 2019 года была ниже в сравнении с 2018 и 2020 годами и варьировало по вариантам в пределах 43,6-52,4 г. (рис. 5). В соответствии с ГОСТ 5060-86 масса 1000 зерен ячменя должна составлять порядка 48-54 г. Результаты наших исследований свидетельствуют, что применяемые системы удобрения в среднем способствовали повышению массы 1000 зерен с 43,2 (контроль) до 52,4 г. Внесение полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в комплексе с применением биопрепарата Гумистим, масса 1000 зёрен ячменя достигала максимального значения 52,4 г.

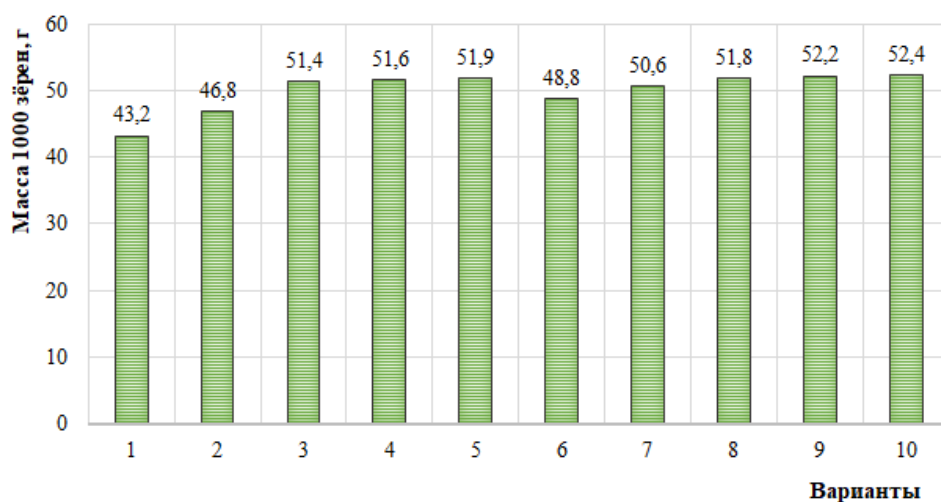


Рисунок 5 – Масса 1000 зерен ярового ячменя, г (среднее за 2018-2020 гг.)

При переработке зерна целью получения крупы основным показателем по требованиям ГОСТ 6378 является натура и она не должна быть ниже 630 г/л (Кизюля, 2019). Обычно зерно с высокой объемной массой обеспечивает наибольший выход высококачественной товарной продукции при значительной экономии затрат энергии. Наибольшая натура зерна получена в 2018 и 2020 годах. Исследованиями также установлено, что натура массы зерна ячменя по вариантам опыта изменялась в среднем от 623 до 649 г/л (рис. 6) при максимальной ее величине в варианте при обработке посевов ячменя биопрепаратом Гумистим на фоне применения  $N_{120}P_{90}K_{180}$ .

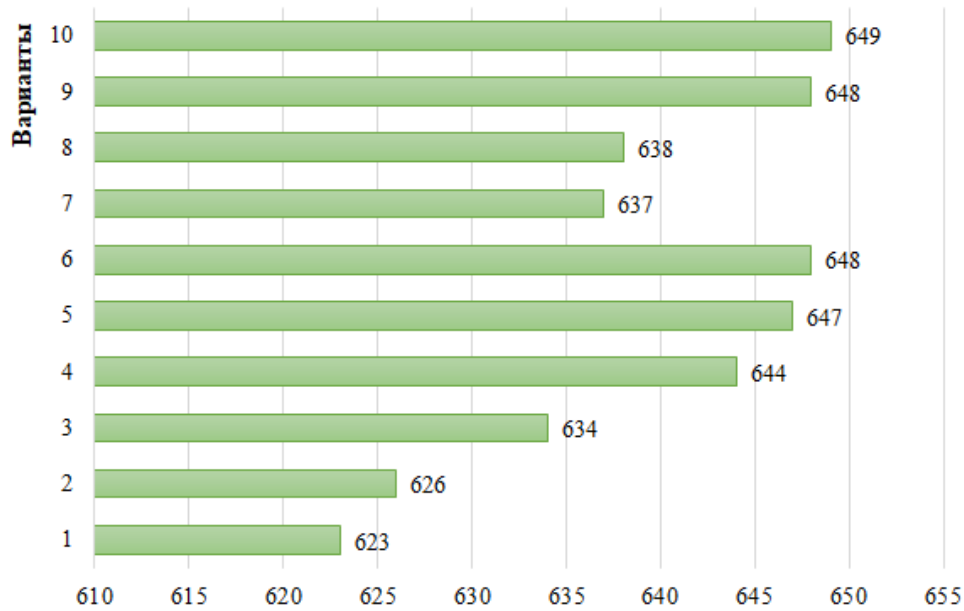


Рисунок 6 – Натура зерна ярового ячменя, г/л (среднее за 2018-2020 гг.)

При переработке зерна ячменя на крупу особо значимы также физические показатели такие как выход крупы, пленчатость, крупность, выравненность (Соловьев, 2006).

Проведенными исследованиями установлено, что в среднем за три года и выход крупы в зависимости от применяемых систем изменялся от 42,0 до 45,9% (табл. 6). Максимальный выход крупы ячменя был получен на вариантах опыта с применением полного минерального удобрения (NPK), следует отметить, что применение калийного удобрения в высоких дозах (60, 90 и 120 кг/га д.в.) как в составе  $N_{120}P_{90}$ , так и в дозах  $K_{120}$ ,  $K_{150}$  и  $K_{180}$  на фоне  $N_{120}P_{90}$  способствовало повышению выхода крупы. Обработка посевов ячменя стимулятором роста как при отдельном применении, так и на фоне применяемых систем удобрения в комплексе с удобрениями также способствовало повышению выхода крупы.

Таблица 6. Физические показатели качества зерна ярового ячменя в зависимости от применяемых удобрений и биопрепарата Гумистим, % (среднее за 2018-2020 гг.)

Вариант	Показатели		
	выход крупы	пленчатость	крупность
Контроль (без удобрений)	42,0	8,8	81,8
Гумистим	44,6	8,5	84,4
$N_{120}P_{90}$	44,5	7,8	88,8
$N_{120}P_{90}K_{120}$	45,2	7,6	90,7
$N_{120}P_{90}K_{150}$	45,6	7,7	92,2
$N_{120}P_{90}K_{180}$	45,8	7,6	93,8
$N_{120}P_{90}$ + Гумистим	45,5	7,7	84,4
$N_{120}P_{90}K_{120}$ + Гумистим	45,7	7,8	90,4
$N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим	45,8	7,6	93,9
$N_{120}P_{90}K_{180}$ + Гумистим	45,9	7,4	96,6
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>0,82</b>	<b>0,55</b>	<b>2,42</b>

Исследованиями было установлено, что зерно ячменя с более высокой пленчатостью формировалось в погодно-климатических условиях вегетационного периода 2019 года. В среднем за годы проведения исследований пленчатость зерна на контрольном варианте составляла 8,8%. Применяемые системы удобрения снижали пленчатость зерна ярового ячменя на 0,4-1,4%. Наибольшее снижение пленчатости зерна овса было зафиксировано при внесении полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{150}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне обработки посевов

ячменя биопрепаратом Гумистим. В этих вариантах плечатость зерна в среднем составляла 7,6-7,4% при самом высоком уровне урожайности зерна.

Принято считать, что крупным является зерно в общей массе, состоящее из двух фракций по толщине 2,5-2,8 мм. По результатам ситового анализа согласно требованиям стандарта этот показатель характерен для остатка зерна при сходе с сита с размером отверстия 2,5-2,0 мм. Первому классу соответствует зерно с крупностью не ниже 85%, второму классу не менее 75% (Торикив и др., 2012).

В наших исследованиях крупность зерна в среднем за три года в разрезе изучаемых систем удобрения изменялась от 81,8 до 96%. Наиболее высокий выход крупного зерна ячменя в наших опытах был получен при комплексном применении минерального удобрения и биопрепарата Гумистим.

#### 4.3. Действие систем удобрения на содержание остаточных нитратов в товарной продукции ячменя

За последнее время отмечено нарушение кругооборота азота, что способствует накоплению его в нитратной и нитритной формах в почве, воде, продуктах питания. Следовательно, нагрузка нитратов и нитритов на человека возрастает, что вызывает опасение за его здоровье.

Наибольшую опасность представляет восстановленная форма нитратов – нитриты. Восстановление нитратов микробиологической нитратредуктазой осуществляется как эндогенно – в желудочно-кишечном тракте, так и в ротовой полости, так и экзогенно – во время хранения пищевых продуктов (Опополь, Добрянская, 1986). Клинические проявления отравления нитратами фактически вызваны воздействием нитритов, которые взаимодействуют с оксигемоглобином, образуют метгемоглобин, неспособный переносить кислород к тканям организма.

При условиях повышенного азотного питания растений важнейшую роль в снижении накопления нитратов в растениях выполняют фосфор и калий. При этом роль калия заключается в повышении активности нитратредуктазы и его активизации синтеза углеводов и органических кислот. Кроме того, отмечено его косвенное влияние на синтез органических соединений с участием нитратов. В среднем за годы проведения исследований содержание нитратов варьировало в диапазоне от 45 до 60 мг/кг в зависимости от степени насыщенности применяемых систем удобрения (рис. 7).

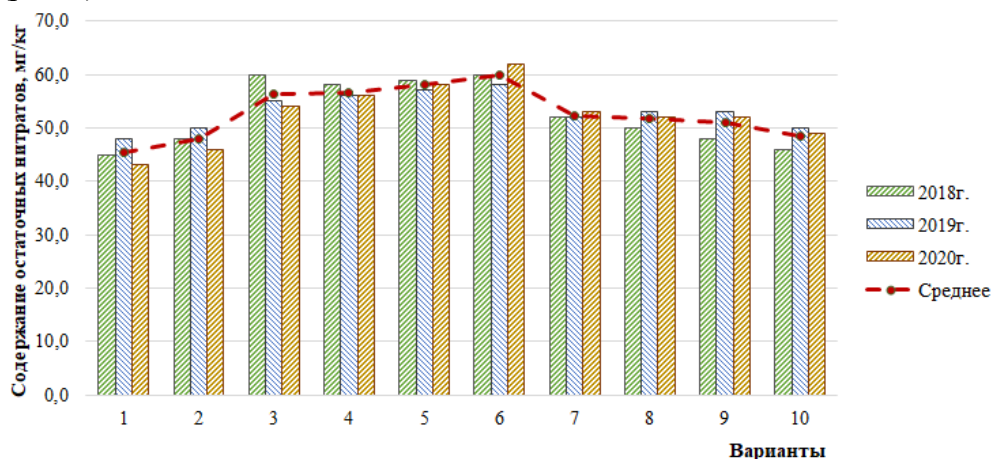


Рисунок 7 – Концентрация остаточных нитратов в зерне ячменя, мг/кг (среднее за 2018-2020 гг.)

При применении гуминового биопрепарата в среднем наблюдалось увеличение концентрации остаточных нитратов в урожае товарной продукции ярового ячменя относительно контроля.

При применении азотно-фосфорного удобрения  $N_{120}P_{90}$  отмечено увеличение концен-

трации остаточных нитратов в зерне ячменя относительно контроля, а также в варианте с применением биопрепарата Гумистим. Применение возрастающих доз калия в составе полного минерального удобрения способствовало увеличению концентрации остаточных нитратов в зерне ярового ячменя с 56 до 58 мг/кг.

Применение биопрепарата Гумистим в комплексе с минеральными удобрениями способствовало снижению концентрации остаточных нитратов в зерне ярового ячменя относительно минеральных систем удобрений различной степени насыщенности с 52 до 48 мг/кг (ПДК - 93 мг/кг).

#### **4.4. Влияние применяемых систем удобрения на удельную активность $^{137}\text{Cs}$ в зерне ярового ячменя**

Защитные мероприятия способствующие уменьшению размеров поступления радионуклидов в товарную продукцию сельскохозяйственных культур в значительной мере определяются рядом факторов среди которых можно выделить следующие: агрохимические свойства почвы, биологические особенности сельскохозяйственных растений и зональные особенности элементов технологий их возделывания, плотность загрязнения почвенного покрова долгоживущими радионуклидами, направление дальнейшего использования и переработки полученной растениеводческой продукции (Алексахин, 2004). Проводимые в земледелии защитные мероприятия разделяют на две 2 группы: первая включает приёмы, направленные на поддержание ранее достигнутого почвенного плодородия и дальнейшее расширение его воспроизводства, повышение уровня урожайности при уменьшении размеров поступления радионуклидов в растения. Вторая группа включает специфические приемы непосредственно направленные на уменьшение поступления радионуклидов в товарную растениеводческую продукцию, среди которых выделяют следующие: агротехнические, механические, агрохимические и биологические (Белоус и др., 2009; Панов и др., 2016; Прудников, 2019).

Исходя из этого в соответствии с поставленной задачей изучалось действие систем удобрения различной степени насыщенности на размеры удельной активности цезия - 137 в урожае зерна ярового ячменя.

Сложившиеся погодно-климатические условия в период проведения полевых экспериментов, плотность радиоактивного загрязнения дерново-подзолистой почвы и её естественное плодородие (контроль) позволяет получать зерно ячменя с удельной активностью в нём  $^{137}\text{Cs}$  в пределах 17-23 Бк/кг при среднем значении - 22 Бк/кг.

При обработке посевов ярового ячменя биопрепаратом Гумистим удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя по годам исследований уменьшалась до 13-14 Бк/кг относительно контроля при наиболее высоком ее значении в 2019 году 14 Бк/кг.

От внесения азотно-фосфорного удобрения  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  отмечено уменьшение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя в среднем до 9 Бк/кг. Внесение калийного удобрения в дозах от 120 до 180 кг/га д.в. на фоне азотно-фосфорного удобрения  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  способствовало достоверному уменьшению удельной активности радиоцезия в зерне ячменя в сравнении с вариантом  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  в среднем от 8 до 6 Бк/кг.

В среднем за три года проведения полевых опытов величина удельной активности цезия - 137 в зерне ярового ячменя по изучаемым системам удобрения изменялась от 22 Бк/кг до 3 Бк/кг (рис. 8), при кратности снижения относительно контроля в 7,3 раза.



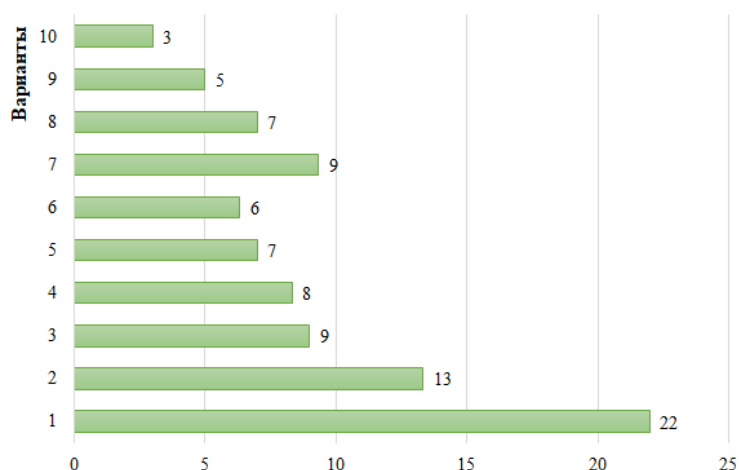


Рисунок 8 – Удельная активность <sup>137</sup>Cs в зерне ярового ячменя, Бк/кг (среднее за 2018-2020 гг.)

При обработке посевов ячменя биопрепаратом Гумистим в комплексе с минеральными удобрениями в среднем за годы проведения исследований отмечено уменьшение удельной активности <sup>137</sup>Cs относительно минеральной системы удобрения с 9 до 3 Бк/кг. Наименьшую удельную активность <sup>137</sup>Cs в зерне ячменя 3 Бк/кг обеспечило применение минерального удобрения в дозе N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

Таким образом, товарная продукция, полученная на всех вариантах опыта по величине удельной активности в ней <sup>137</sup>Cs не превышает санитарно-гигиенический норматив (СанПиН 2.3.2-1078-01) и может быть использовано на переработку в качестве продукта питания и на корм сельскохозяйственным животным.

#### 4.5. Влияние систем удобрений и биопрепарата Гумистим на баланс элементов питания в дерново-подзолистой супесчаной почве

По выражению Д.Н. Прянишникова (1965) плодородие почвы – это ее способность в достаточной мере обеспечивать растения основными элементами минерального питания. По определению Л.М. Державина (1992) баланс элементов питания представляет собой как выражение их количественного и качественного содержания на основе основных статей прихода и расхода в конкретных почвенно-климатических условиях по истечении определенного временного промежутка (периода вегетации, ротации севооборота). Исходя из этого трансформация количества элементов питания в почве при применении систем удобрения различной степени насыщенности, приобретает определенный интерес, выражением которого является баланс элементов питания при разных системах удобрения сельскохозяйственных культур.

Применение систем удобрения различной степени насыщенности способствовало повышению урожайности зерна ячменя и содержание в нем азота, что соответственно повышало его вынос с урожаем зерна (табл. 7).

Таблица 7. Баланс элементов питания при возделывании ярового ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения, кг/га

Вариант	Вынос			Поступление			Баланс		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Контроль	41,71	18,64	13,98	17,5	1,8	1,4	-24,21	-16,84	-12,58
Гумистим	46,31	21,41	15,19	17,5	1,8	1,4	-28,81	-19,61	-13,79
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	101,76	32,59	24,63	137,5	91,8	1,4	+35,74	+59,21	-23,23
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	110,86	34,57	44,80	137,5	91,8	121,4	+26,64	+57,23	+76,60
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	116,56	36,80	50,41	137,5	91,8	151,4	+20,94	+55,00	+100,99
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	127,73	42,13	58,48	137,5	91,8	181,4	+9,77	+49,67	+122,92
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + Гумистим	115,86	36,96	27,72	137,5	91,8	1,4	+21,64	+54,84	-26,32
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + Гумистим	124,41	41,31	48,53	137,5	91,8	121,4	+13,09	+50,49	+72,87
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> + Гумистим	131,76	44,27	54,87	137,5	91,8	151,4	+5,74	+47,53	+96,53
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> + Гумистим	137,76	46,41	60,93	137,5	91,8	181,4	-0,26	+45,39	+120,47

В наших исследованиях общий вынос азота на контрольном варианте составил 41,71 кг/га, а на варианте с применением биопрепарата Гумистим и вынос азота увеличился до 46,31 кг/га, при отрицательном балансе азота на этих вариантах от 24,21 до 28,81 кг/га. В вариантах применения минеральной системы удобрения от  $N_{120}P_{90}$  до полного минерального удобрения (NPK) с последовательно возрастающими дозами калия в дозах  $N_{120}$ ,  $N_{150}$  кг/га д.в. как при отдельном применении, так и в сочетании с биопрепаратом Гумистим отмечен положительный баланс гумуса, это свидетельствует, что применяемая доза азота 120 кг/га д.в. обеспечивает получение высокого урожая зерна ячменя.

В наших исследованиях приходные статьи фосфора включали содержание его в зерне посевного материала и минеральные удобрения в дозе 90 кг/га д.в. Дефицитный баланс фосфора в наших исследованиях был зафиксирован на контрольном варианте и на варианте с применением биопрепарата Гумистим и составил соответственно 16,84 и 19,61 кг/га соответственно.

При применении минеральных удобрений без внесения биопрепарата Гумистим формировался бездефицитный баланс фосфора, составляя по вариантам опыта от +49,67 до 59,21 кг/га. При комплексном применении удобрений и биопрепарата формировался положительный баланс фосфора, который характеризовался величинами порядка от +45,39 до +54,84 кг/га. Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что применение фосфорного удобрения в дозе 90 кг/га д.в. способствует формированию бездефицитного баланса фосфора и частичному его возврату в почву.

В проведенных исследованиях основной статьей восполнения калия являлось минеральное калийное удобрение в дозах 120, 150 и 180 кг/га д.в. На контрольном варианте вынос калия с урожаем зерна ярового ячменя составлял 13,98 кг/га, а при обработке посевов биопрепаратом Гумистим вынос калия увеличился до 15,19 кг/га, при отрицательном балансе калия на этих вариантах. Применение NPK с возрастающими дозами калия от 120 до 180 кг/га д.в. способствовало увеличению размеров выноса калия от 26,80 до 31,48 кг/га при положительном балансе калия от 76,60 до 122,92 кг/га. Обработка посевов ячменя биопрепаратом Гумистим на фоне применения NPK способствовало повышению урожайности зерна ячменя с увеличением расходной статьи баланса калия. Таким образом баланс калия на этих вариантах отмечен положительным, составляя 72,87-120,47 кг/га.

Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что применение минеральных удобрений как отдельно, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, обеспечивает бездефицитный баланс основных макроэлементов (азота, фосфора и калия) при возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве.

#### **4.6. Экономическая эффективность систем удобрения при возделывании ярового ячменя**

Расчет экономической эффективности применяемых систем различной степени насыщенности осуществляли на 100 га, руководствуясь типовыми технологическими картами и уровнем сложившейся цены реализации. Повышение уровня урожайности зерна ячменя под влиянием применяемых систем удобрения сопровождалось снижением себестоимости единицы продукции, сокращением уровня затрат на единицу продукции, повышением чистого дохода и уровня рентабельности производства.

В наших исследованиях при комплексном применении минеральных удобрений различной степени насыщенности и биопрепарата Гумистим уровень рентабельности производства возрастал с 31,2%, достигая максимального значения 40,4% при применении  $N_{120}P_{90}K_{180}$  совместно с биопрепаратом Гумистим при наивысшей урожайности 4,99 т/га. Производственные затраты в этом варианте в расчете на 100 га составили 2842,2 тыс. руб. при величине чистого дохода 1149,8 тыс. рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые многолетние исследования в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязнённой почве систематизация и обобщение их результатов позволило установить нижеследующее.

1. Под влиянием применяемых систем удобрений в среднем отмечено изменения показателей структуры урожая ярового ячменя в среднем за годы исследований самые высокие показатели структуры урожая ячменя были зафиксированы при обработке растений ячменя биопрепаратом Гумистим на фоне применения полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$ , при этом количество растений к уборке относительно контроля увеличивалась на 107 шт./м<sup>2</sup>, количество продуктивных стеблей возрастало на 249 шт./м<sup>2</sup>, количество зерен в колосе увеличивалась с 17,7 до 25,6 штук, высота растений повышалась на 16,2 см.

2. Максимальная урожайность зерна ярового ячменя 4,99 т/га формировалась на фоне внесения минерального удобрения в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в комплексе с биопрепаратом Гумистим. Максимальная окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая зерна 8,7 кг/га получена в варианте  $N_{120}P_{90} + \text{Гумистим}$ .

3. В среднем за годы исследований под влияние применяемых средств химизации повышалось содержание сырого белка в зерне ярового ячменя в сравнении с контролем на 3,3% при величине его сбора в оптимальном по удобренности варианте  $N_{120}P_{90}K_{180} + \text{Гумистим}$  равно 0,685 т/га.

4. Применяемые минеральные удобрения как отдельно, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим способствовали изменению показателей биохимического состава зерна ячменя. Содержание сырой клетчатки в зерне ячменя по вариантам опыта снижалась 8,8 до 7,8%, зольность зерна ячменя повышалась в среднем с 2,69% до 3,09%. Содержание сырого жира снижалась с 2,3 до 1,7%, а содержание сахаров возрастало с 4,6 до 5,7%, содержание крахмала уменьшалось в среднем с 60,0 до 56,8%. Аминокислотный состав белкового комплекса зерна ячменя зависел от уровня интенсификации применяемых средств химизации. Наиболее высоким содержанием всех аминокислот включая и незаменимых характеризовался оптимальный по удобности вариант  $N_{120}P_{90}K_{180} + \text{Гумистим}$ . Среди незаменимых аминокислот преобладание было за лейцином + изолейцин и валином. В составе свободных аминокислот преобладал пролин.

5. Биометрические показатели зерна ячменя определялись степенью насыщенности применяемых систем удобрения, а также влиянием биопрепарата Гумистим. Зерно ячменя с более высокими показателями формировалось при применении полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне обработки растений биопрепаратом Гумистим, при натуре зерна равной 649 г/л, масса 1000 зерен – 52,4 г, выход крупы – 45,9%, крупность – 96,6%, пленчатость – 7,4%.

6. В среднем за 3 года концентрация остаточных нитратов в зерне ярового ячменя варьировала от 45 до 60 мг/кг в зависимости от степени насыщенности применяемых систем удобрения. Применение полного минерального удобрения с последовательно возрастающими дозами калия от 120 до 180 кг/га д.в. совместно с биопрепаратом Гумистим снижало содержание нитратов в зерне ячменя с 56-60 мг/кг до 52-48 мг/га.

7. Удельная активность <sup>137</sup>Cs в зерне в рамках изучаемых систем удобрения в среднем изменялись от 22,5 Бк/кг до 3 Бк/кг, при максимальном значении на контрольном варианте (норматив 60 Бк/кг).

Применение биопрепарата Гумистим для обработки посевов способствовало уменьшению удельной активности радиоцезия в урожае зерна ячменя. Применение биопрепарата Гумистим на фоне полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$  способствовало уменьшению удельной активности <sup>137</sup>Cs в зерне ячменя относительно контрольного варианта в среднем в 7,3 раза. Зерно ячменя, полученное в опыте на всех изучаемых вариантах включая контроль по удельной активности в нем <sup>137</sup>Cs, не превышает санитарно-гигиенический норматив (СанПиН 2.3.2.1078 -01) и может быть использовано без ограничений на переработку в каче-

стве продуктов питания и на корма для сельскохозяйственных животных.

8. В результате проведенного расчета баланса элементов питания (азота, фосфора и калия) зафиксировано, что на дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании ярового ячменя сорта Эльф в условиях естественного плодородия (контроль) и применении биопрепарата Гумистим отмечен невысокий уровень поступления основных элементов питания в почву. Положительный баланс основных элементов питания обеспечивает применение полного минерального удобрения в дозе  $N_{120}P_{90}$  с последовательно возрастающих дозах калия 120, 150, 180 кг/га д.в. как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

9. При возделывании ярового ячменя сорта Эльф в полевом севообороте на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязнённой почве при средней урожайности 4,99 т/га экономически оправдано применение полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$  совместно с гуминовым биопрепаратом Гумистим при себестоимости 1 т зерна 5,69 тыс. рублей, условно чистом доходе 1149,8 тыс. руб. при рентабельности производства 40,4%.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При возделывании ярового ячменя в полевых севооборотах на дерново-подзолистых радиоактивно загрязненных почвах для получения урожайности зерна порядка 5,0 т/га и более экологически чистого зерна ячменя рекомендуем применять минеральное удобрение в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на фоне обработки посевов биопрепаратом Гумистим в фазу весеннего кущения из расчета 6 л/га.

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ В ПЕРСПЕКТИВЕ

Провести исследования по изучению эффективности биопрепаратов нового поколения Биостим зерновой, Фортигрей зерновой в сравнении с Плантафид и Фертикс Марка А при возделывании ярового ячменя. Определить сроки их применения на фонах минеральных удобрений различной степени насыщенности в севооборотах на дерново-подзолистой почве легкого гранулометрического состава при радиоактивном загрязнении территории.

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. 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 // Агрехимический вестник. – 2019. – №4. – С.54-57.

2. 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.

3. **Калинов А.Г.** Применение минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании ярового ячменя и овса на радиоактивно загрязненной почве / **А.Г. Калинов**, Е.М. Милютин // Агрехимический вестник. – 2020. – №3. – С.77-82.

#### Статьи в прочих изданиях

4. Эффективность минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве / М.М. Кизю-

ля, **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.

7. Применение минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании ярового ячменя на радиоактивно загрязненной почве / **А.Г. Калинов**, Е.М. Милютин, В.Н. Адамко, И.Н. Белоус, А.Л. Силаев, М.В. Семьшев, В.Ф. Шаповалов // Материалы XVII междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2020. – С. 134-143.

8. Эффективность применения минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании ярового ячменя при радиоактивном загрязнении почвы / С.Н. Поцепай, В.Е. Мамеева, А.Л. Силаев, Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, **А.Г. Калинов** // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №3 (85). – С. 3-8.