

**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья»**

на правах рукописи

Аяпбергенова  
Анар Сайлаубековна

**ВЛИЯНИЕ ДОЗ ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ И ЗОЛОУГЛЕРОДНОГО  
ПРЕПАРАТА НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО  
И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ**

Специальность 4.1.3 - Агрохимия, агропочвоведение, защита и  
карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук,  
доцент Хусаинов А.Т.

Саратов 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Эффективность применения вторичного сырья и минеральных удобрений на посевах зерновых культур	11
1.1 Современное состояние плодородия черноземных почв Северного Казахстана	11
1.2 Влияние золошлаков на плодородие почв	16
1.3 Эффективность и экологическая безопасность применения минеральных удобрений и отходов на посевах зерновых культур	26
2. Условия, объекты и методы проведения исследований	34
2.1 Почвенно-климатические условия Северного Казахстана	34
2.2 Условия, объекты и методика проведения исследования	35
2.3 Агрометеорологические условия в годы проведения исследования (2018-2020 гг.)	43
3. Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ярового ячменя	47
3.1 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на агрохимические свойства чернозема обыкновенного	47
3.2 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на микрофлору чернозема обыкновенного	65
3.3 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на агрофизические свойства чернозема обыкновенного	87
3.4 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на рост, развитие и урожайность зерна ярового ячменя	103

3.5 Математическая модель связей дозы внесения золоуглеродного препарата «Агробионов» с показателями плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ярового ячменя	112
4. Экологическая безопасность и экономическая эффективность применения доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя	123
4.1 Экотоксикологическая оценка применения доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов в почве и зерне ячменя	123
4.2 Экономическая эффективность применения доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ячменя	126
Заключение	130
Предложения производству	133
Перспективы дальнейшей разработки темы	134
Список литературы	135
Приложения	155

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Дегумификация почв является одной из острейших агроэкологических проблем. В Республике Казахстан (РК) на черноземе обыкновенном с времен освоения целинных земель (1953 г.) снижение содержания гумуса составило 20-25%. Деградация отмечается во всех типах черноземных почв основного земледельческого фонда страны [1-4]. Черноземные почвы Северного Казахстана с низкой обеспеченностью подвижным фосфором составляет 47,2% от их общей площади [5]. За последние четверть века в Казахстане существенно уменьшились площади плодородных почв [6]. В Северном Казахстане урожайность зерновых культур не превышает 1,0-1,2 т/га и резко колеблется по годам [7].

Главной причиной низкой урожайности зерновых культур является нарушение основного закона земледелия – закона «возврата». В период глубокого экономического кризиса в аграрном секторе Казахстана резко сократилось применение минеральных удобрений. Это связано с их возросшей стоимостью [8]. По данным Министерства сельского хозяйства РК при потребности 2,5 млн тонн по республике в 2020 году вносилось всего 500 тыс. тонн минеральных удобрений, а органические практически не вносились, что привело к уменьшению запасов органического углерода в почве [9]. В настоящее время вносится всего 5-6 кг д.в. на гектар пашни [10], тогда как в развитых странах применяется в разы больше (США – 140 кг/га, Евросоюз - 130 кг/га, Латинская Америка - 90 кг/га и Россия - 49 кг/га) [11].

Основной причиной уменьшения запасов гумуса и деградации земель явилось несоблюдение закона возврата, а именно: снижение объемов внесения удобрений [12, 13].

Применение отходов производства для удобрения и мелиорации почв является перспективным направлением в сельском хозяйстве. В мире накоплен большой опыт использования золошлаковых отходов (ЗШО), как в сельском хозяйстве, так и в других отраслях. Например, Англия и Германия используют

весь объем имеющихся ЗШО. В США 2008 году утилизация ЗШО достигла 70 процентов, в Польше использование ЗШО к 1985 году выросло до 80 процентов. В Китае перерабатывается свыше 80 процентов золы [14].

В настоящее время в республике накоплено более 500 млн. т золошлаков, ежегодное пополнение золоотвалов составляет 19 млн. тонн [15]. В то же время утилизация и использование золошлаковых отходов в республике не превышает 8%, тогда как в Европе этот показатель в среднем составляет 60% [16, 17].

В настоящее время в регионах Северного Казахстана (Акмолинская, Костанайская, Павлодарская и Северо-Казахстанские области) запасы золошлаковых отходов (ЗШО) составляют 370526,8 тыс. тонн. Они оказывают негативное воздействие на состояние окружающей среды. Использование золошлаковых отходов имеет экологическое значение в плане и утилизации, а также экономическое - за счет снижения затрат на удобрение почв [18].

Золошлаки улучшают структуру почвы, обогащают ее микроэлементами [19, 20]. На черноземных почвах Северного Казахстана исследования по применению фосфорного удобрения в сочетании с золоуглеродным препаратом «Агробионов» при возделывании ячменя ранее не проводились.

**Степень изученности темы исследования.** Эффективность применения фосфорного удобрения на черноземных почвах изучали многие отечественные и зарубежные ученые. Н.А. Кирпичников (2019) установил эффективность применения фосфорных удобрений совместно с азотными и калийными удобрениями на дерново-подзолистых почвах [21]. Л.В. Гринец (2009) отмечает, что на черноземе обыкновенном в условиях Северного Казахстана внесение фосфорных удобрений обеспечивает увеличение содержания в почве подвижных форм НРК, что позволяет получать урожаи зерновых культур до 3,0-4,0 т/га [22]. Установлено, что в степной зоне внесение минеральных удобрений на посевах ячменя хорошую прибавку урожая обеспечивают во влажные годы, а в засушливые годы эффект от удобрения снижается. В данной зоне на черноземах и каштановых почвах наибольшие прибавки урожая зерна ячменя получают от фосфорных удобрений или их сочетания с азотными [23].

Sharma, Sudhir K. Kalra, Naveen 2006, Chang Hoon, Lee Yong, Bok Lee, Pil Joo, Kim (2006) Tsadilas, C.D., Nikoli 2018, T., M. Wyszowski, J. Wyszowska, N. Kordalaand, A. Borowik 2022, R. Kaur & D. Goyal 2016 указывают, что золошлаковые отходы повышают плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур [24-28]. На черноземных почвах Омской области РФ А.А. Сарсеновой (2013) изучены дозы внесения золоуглеродного препарата в зернопаровом севообороте на черноземе обыкновенном и получен высокий эффект [29]. А.Т. Хусаинов, А.К. Муханбет, 2016 в своих опытах на черноземных почвах Северного Казахстана изучали эффективность применения золошлака, фосфогипса и золоуглеродного препарата под яровую пшеницу, где препарат показал наилучший результат [30].

Это вызывает необходимость разработки и внедрения практических научно-обоснованных рекомендаций по использованию углеродосодержащих препаратов, для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

**Цель исследования:** разработать дозы внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата, обеспечивающие сохранение плодородия чернозема обыкновенного и повышение урожайности ярового ячменя в условиях Северного Казахстана.

**Задачи исследования:**

1. Изучить влияние фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на агрофизические, агрохимические, биологические свойства чернозема обыкновенного.

2. Изучить действие фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на рост, развитие и урожайность ярового ячменя.

3. Разработать математическую модель плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ярового ячменя.

4. Дать экотоксикологическую оценку внесения различных доз золоуглеродного препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов в почве и зерне ярового ячменя.

5. Рассчитать экономическую эффективность внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя.

**Научная новизна:** впервые в условиях степной зоны Северного Казахстана изучено влияние внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на структуру и водопрочность почвенных агрегатов, запасов доступной влаги, обеспеченность макро-элементами, состав микрофлоры, целлюлозоразлагающая активность чернозема обыкновенного и урожайность зерна ячменя; разработана математическая модель оптимизации показателей плодородия почвы и урожайности ячменя; установлена экологическая безопасность и экономическая эффективность применения золоуглеродного препарата «Агробионов».

**Методология и методы исследований.** Методология исследования основывалась на теоретических и эмпирических исследованиях. К теоретическим методам - относились изучение научных трудов, статей и информационных изданий, статистический анализ, математическая обработка результатов исследования и математическое моделирование; к эмпирическим – полевые и лабораторные исследования.

**Объекты исследования:** чернозем обыкновенный, яровой ячмень «Астана-2000».

**Предмет исследования:** фосфорное удобрение и золоуглеродный препарат «Агробионов».

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Особенности влияния фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на агрофизические, агрохимические, биологические свойств чернозема обыкновенного.

2. Зависимость урожайности ярового ячменя от внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов».

3. Математическая модель влияния фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на показатели плодородия чернозема обыкновенного и урожайность ярового ячменя.

4. Экологическая безопасность применения золоуглеродного препарата «Агробионов» при возделывании ярового ячменя.

5. Экономическая эффективность внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном в степной зоне Северного Казахстана.

**Теоретическая и практическая значимость.** Разработаны научно-обоснованные дозы внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя. Изучено влияние доз фосфорного удобрения и препарата «Агробионов» на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ярового ячменя в условиях степной зоны Северного Казахстана. Разработана математическая модель показателей плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ячменя при внесении доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов».

Практическая значимость исследования заключается в том, что золоуглеродный препарат «Агробионов», произведенный из местных дешевых отходов энергетических предприятий и шинного завода, является экологически безопасным и экономически выгодным материалом для удобрения почв. В частности, позволит повысить обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором, увеличить общее количество, в том числе численность агрономических ценных микроорганизмов в почве; улучшить структуру и водопрочность почвенных агрегатов, а также запасов доступной влаги в почве, что способствует повышению урожайности ярового ячменя на 37,6%, снижению себестоимости зерна до 6341 руб./т и повышению рентабельности производства ярового ячменя до 110%, утилизации местных отходов промышленности.

Результаты исследования внедрены в ТОО «Вишневокское» Тайыншинского района Северо-Казахстанской области на площади 400 га.



**Апробация работы.** Основные результаты диссертации докладывались на международных научно-практических конференциях «Современные достижения в экологии, почвоведении и земледелии» (Кокшетау, РК, 2019); «Уалихановские чтения - 2020», (Кокшетау, РК, 2020); «Мировые технологические тренды в развитии сельского хозяйства: производство, переработка, логистика и безопасность» (Омск, РФ, 2021); «Инновации в охране окружающей среды для устойчивого социально-экономического развития: Глобальное и Евразийское партнерство» (Кокшетау, РК, 2021); «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, экологии и химии с использованием современных образовательных технологий» (Алматы, РК, 2022).

**Публикация результатов исследований.** Основные результаты диссертации опубликованы в 9-ти научных трудах, из них 2 ВАК РФ, 1 Скопус, 1 монография, 5 в материалах международных научно-практических конференциях, 1 патент.

**Достоверность проведенных исследований** подтверждается трехгодичными полевыми и лабораторными исследованиями, математической обработкой полученных данных, результатами эмпирического моделирования, производственными испытаниями и публикациями, отражающими основные результаты диссертационных исследований.

**Личный вклад автора:** в основу работы положены собственные исследования, автор принимала непосредственное участие в выборе задач, приемов и способов их решения, формулировок и обосновании научных положений; проведении реферирования литературных источников, полевых и лабораторных работ, а также химических анализов объектов исследования и статистической обработки полученных результатов.

Работа выполнена на кафедре «Почвоведение и агрохимия» Государственного аграрного университета Северного Зауралья (г. Тюмень) при поддержке Национальной программы грантов Казахстана на 2018-2020 гг. Министерства науки и высшего образования РК по договору № 213 от 19 марта 2018 года.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 172 страницах компьютерного текста, состоит из 4 глав, заключения, предложения производству, включает 189 литературных источников; содержит 30 таблиц, 15 рисунков и 16 приложений.

# 1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

## 1.1 Современное состояние плодородия черноземных почв Северного Казахстана

В классическом труде В.В. Докучаева нашли отражение теория генезиса почв, доказаны основные факторы почвообразования, обуславливающих критерии плодородия почв, в первую очередь содержание гумуса [31]. Применение научно-обоснованной системы земледелия может обеспечить даже возрастание содержания гумуса в почве [32].

Почва является основным средством производства, способным удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечить условия для их нормальной жизнедеятельности, от чего зависит дальнейшая эффективность всего сельскохозяйственного производства. Соблюдение условий минерального питания растений, сохранение и воспроизводство плодородия почв является основой получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [33].

В результате неграмотной эксплуатации почв происходит ухудшение свойств почв, что приводит к снижению их плодородия и в конечном итоге к деградации земель [34].

Вследствие низкой культуры земледелия ухудшились агрономические, агрофизические и агрохимические свойства почвы. Малые дозы внесения органоминеральных удобрений привели к снижению обеспеченности почв региона элементами питания растений [35].

Причиной низкой обеспеченности почв элементами питания является несоблюдение основного закона земледелия – закона «возврата». Поэтому существующую систему землепользования необходимо выстроить так, чтобы она обеспечивала бездефицитный баланс питательных веществ и гумуса, то есть повышение плодородия почв [36].

По данным Комитета земельных отношений Республики Казахстан площадь земель сельскохозяйственного назначения в настоящее время составляет 222,7 млн. га, в том числе пашни – 34,8 млн. га. Земли сельскохозяйственного назначения занимают 74 % территории республики. Стремление к максимальному расширению пашни в периоды освоения целинных и залежных земель, а также так называемое «коренное улучшение кормовых угодий» привело к тому, что в пашни были включены земли низкого качества: солонцовые комплексы, супеси и пески, эродированные и каменистые почвы. Эти почвы резко снижают продуктивность пашни и требуют мелиоративных мероприятий по их улучшению [37].

В Казахстане проводилась оценка деградированных земель в 1987-1988 гг. крупнейшими учеными СССР с целью составления карты опустынивания в центральноазиатской части СССР и Казахстана. В этот период в стране было выявлено 66 млн. га пустынных (деградированных) земель. А в 1998 году уже казахстанскими учеными, которые проводили научные исследования по деградации почв, было обнаружено 179,9 миллиона гектаров пустынных земель. С каждым годом опустынивание почв увеличивалось и к 2014 году казахстанские ученые института географии насчитывали уже 207,6 миллиона гектаров пустынных земель [8].

Черноземные почвы представлены исключительно в этом регионе, площадь которых составляет 25 млн. га, то есть 9,5 % земельной площади республики – ссылка [38].

Для воспроизводства и повышения плодородия почв в условиях Северного Казахстана главной задачей остается улучшение их водно-физических свойств, внесение органоминеральных удобрений [39].

Северный Казахстан является основным зерносеющим регионом Республики. Он обеспечивает 85 % зернового баланса страны. Однако эти земли из-за подверженности эрозии и выпашиванию утратили 20-30 % гумуса и требуют повышения плодородия. Сокращение объемов работ по мелиорации земель привело к снижению плодородия сельскохозяйственных угодий [40]. В Северо-

Казахстанский регион входят Акмолинская, Костанайская область, Павлодарская и Северо-Казахстанская области (рисунок 1).



Рисунок 1 – Карта административного деления Республики Казахстан  
Акм – Акмолинская область; Кос - Костанайская; Пав – Павлодарская; СКО –  
Северо-Казахстанская область

Деградация почвенного покрова Казахстана является экологической проблемой. Достаточно отметить, что уже 60 % почв РК подвержены разной степени деградации. Практически во всех регионах Республики наблюдается устойчивая тенденция к дегумификации, обеднению почв питательными элементами и снижению продуктивности сельскохозяйственных культур [41].

За период с 1954 по 2015 годы потери гумуса составили 33 % от их исходного содержания. Отчуждение питательных элементов с урожаем в сотни раз превышает их поступление с удобрениями [42]. По последним данным агрохимической службы на богаре земли с низким содержанием гумуса занимают 63 % от общей площади пашни [43].

Эрозия почв в Северном Казахстане началась с периода крупномасштабной распашки целинных и залежных земель (1954 – 1958 гг.) было подвержено 9 млн. га пашни. В результате деградации и дегумификации почв происходит их трансформация в категорию малопригодных земель. Для сохранения земель сельскохозяйственного назначения требуются неотложные государственные меры по воспроизводству плодородия почв и рациональному использованию почвенных ресурсов. В мире функционирует Глобальная программа LDN, работа которой направлена на борьбу с опустыниванием почв. Казахстан присоединился к глобальной программе поддержки установления целей нейтрального баланса деградации земель (LDN) в мае 2017 года [44].

За последние четверть века в Северном Казахстане серьезно снизилось количество плодородных почв, уменьшились площади посевов многолетних трав, а несоблюдение севооборотов и монокультура пшеницы, которые отмечают специалистами еще с 90-х годов. За этот период доля почв с высоким содержанием гумуса уменьшилась с 1,6 миллиона гектаров до 255,5 тысячи гектаров. Небольшие наделы с высоким содержанием гумуса сохранились в Северо-Казахстанской области - 117,5 тысячи гектаров, в Акмолинской – 61,5 и Восточно-Казахстанской областях - 34,2 тысячи гектаров соответственно [45]. Увеличение площадей эрозионно опасных земель привело к невозможности целенаправленного управления плодородием и к их деградации [46].

С 1986 года внесение органических удобрений уменьшилось более чем в 2 раза, минеральных - в 2,5 раза, применение пестицидов - в 2,5 раза. Потребление органических удобрений в среднем по республике за 2015 г составило всего 29,0 кг/га; 2016 г - 28,9; 2017 г - 63,0; 2018 г - 28,9; 2019 г - 28,0 кг/га (при норме – 10 т/га). Одним, из факторов снижения плодородия почв является недостаточное внесение минеральных и органических удобрений. Внесение минеральных удобрений в среднем по республике составило соответственно 6,0 кг/га; 5,3; 7,4; 5,5; 3,9 кг/га д.в. Доля площадей, где применялись минеральные удобрения составила, соответственно, 6,9 %; 7,6; 9,2; 10,5 и 12,2 % от общей посевной площади сельскохозяйственных культур [47].

Нормы внесения удобрений, в Акмолинской области в период 85-89 гг. составляли 23-24 кг/га д.в., 4-6 кг/га - 70-х годах и 12-15 кг – начале 90-х годов. Для сравнения, уже в 1986 году в Китае на 1 га вносилось 59 кг, в США - 117, в Венгрии - 262, Англии - 319, ФРГ - 480, Голландии - 817 кг д.в. минеральных удобрений. Максимальное применение минеральных удобрений в Республике пришлось на 1986 год, когда их было использовано 1039 тыс. тонн в пересчете на действующее вещество, в том числе под зерновые применено 608 тыс. тонн и было удобрено 11,8 млн. гектаров или 49% общей площади посева. По данным за 2018 год в Республике лишь на 5,8 % посевных площадей были применены удобрения с нормой 48 кг д.в./га, а в пересчете на всю посевную площадь средняя доза внесения минеральных удобрений составляет всего 2,8 кг д.в./га [48].

Низкую урожайность сельскохозяйственных культур в Республике Казахстан А.С. Сапаров, (2019) связывает с интенсивным снижением плодородия почв. В частности, он указывает, что в 2015 году по сравнению с 1995 годом объемы применения минеральных удобрений сократились в 15 раз в результате чего урожайность зерновых культур упала на 14,4 % [49].

По данным Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан, на территории страны зарегистрированы 13 отечественных производителей минеральных удобрений и в целом ими может быть обеспечено производство порядка 40% от потребности [50].

Внесение органических удобрений способствует повышению плодородия почв, в частности, улучшению их агрофизических, биологических свойств и питательного режима, обеспечивает положительный баланс гумуса [51].

В результате сложившегося диспаритета цен растениеводческой продукции и минеральных удобрений большой практический интерес представляет применение местных дешевых отходов производства для удобрения почв, поэтому нужны новые разработки, которые позволят повысить плодородие почвы и урожайность культур за счет применения препарата на основе золошлака.

## 1.2 Влияние золошлаков на плодородие почв

В химический состав исследуемого препарата «Агробионов» входит 30 % углерода. Углерод извлекается из углекислого газа воздуха, который составляет основу всех органических соединений: жиров, белков, углеводов и прочих. Поэтому органический углерод почвы (SOC) является жизненно важным компонентом почвы и неотъемлемым компонентом для устойчивого функционирования наземных экосистем. Антропогенное воздействие на биосферу за последние 150 лет привело к истощению органического углерода в почве. Исходя из этого, современные технологии должны быть направлены на накопление углерода в почве [52].

Органическое вещество является ключевым компонентом почвы, влияющим на ее физические, химические и биологические свойства, способствуя ее нормальному функционированию. Почвенное органическое вещество (ПОВ) обеспечивает улучшение качества почвы за счет увеличения удержания воды и питательных веществ, улучшает структуру почвы и уменьшает эрозию [53].

Впервые необходимость кремния для роста и развития растений в 1840 году установил германский ученый Ю. Либих. В.А. Ковда (1956) указывает, что «...высокая распространенность кремния в почве объясняет его значимую роль в процессах почвообразования и формировании плодородия почв» [54]. Положительное влияние кремниевых удобрений на различных почвах под различные сельскохозяйственные культуры было установлено многими авторами: Н.Е. Алешин (1982); Л.И. Кудинова (1974); В.Г. Тарановская (1939); В.Г. Тарановская (1940); М.Н. Adatia, R.T.Besford (1986); P.Bowen, J.Menzies, D.Ehret, L.Samue, and A. Glass (1992); и A.Baylis, C. Gragopoulou, K.Davidson, J.Bircha (1994) [55-62]. Однако N.Savant, G.Snyder, L.Datnoff (1997); D.Anderson (1991); E. Vocharnikova и V.Matichenkov (1994), которые указывают, что кремниевые удобрения являются нетрадиционными и используются весьма ограниченно [63-65]. Вместе с тем дефицит кремния приводит к деградации земель. Так, Z. Karmin, (1986) и F.Marsan, J. Torrent (1989) отмечают, что применение



кремнийсодержащих материалов способствует улучшению питания растений и предотвращает деградацию почвы [66]. Исследуемый нами препарат в своем составе содержит 44 % кремния, который также способствовал улучшению питания ячменя. Внесение кремнийсодержащих отходов способствует коагуляции почвенных коллоидов, за счет чего повышается водопроницаемость почвы. L. Norton (1993) установил, что внесение золошлаковых отходов повышает водопроницаемость красноземных почв тропической зоны в 1,5-2,5 раза, что замедляет процессы эрозии [67]. Кремний также играет и экологическую роль. Исследованиями P. Karina V. Cunha, C. Williams (2008), установлено, что кремний способствует снижению фитотоксичности тяжелых металлов, поэтому они рекомендуют использовать его в качестве фитомелиоранта, загрязненных кадмием и цинком почв. Авторами установлено снижение токсического воздействия кадмия и цинка на растение кукурузы, выращенной в питательном растворе с различными концентрациями загрязнения [68].

Алюминий в почве обычно встречается в малорастворимой форме. Внесение алюминиевых соединений на черноземных почвах не оказало негативного влияния [69]. В наших исследованиях внесение золоуглеродного препарата, в составе которого содержится алюминий, на черноземе обыкновенном его негативное влияние также не установлено.

Железо – один из распространенных элементов в литосфере. В почвах также часто присутствуют железистые конкреции и прослой, среднее содержание его в почвах составляет 3,8 % [70]. Первичные минералы почвообразующих пород являются источником накопления железа в почвах [71]. Основным процессом, определяющим химическое растворение гидроксидов железа, это восстановление, в результате которого образуются органические кислоты (Кауричев, Ноздрунова, 1964) [72]. По-видимому, наличие 4,45 % оксида железа в составе исследуемого препарата не играет существенной роли в почвообразовательном процессе и питании растений.

Кальций и магний играют важную роль в формировании почвенного покрова. Соединения кальция и магния входят в состав почвенного

поглощающего комплекса. Состав поглощенных катионов определяет емкость поглощения почвы, её структуру и плодородие. Преобладание в поглощающем комплексе катионов кальция и магния обеспечивает хорошую оструктуренность почвы, что придает ей благоприятные агрохимические, агрофизические и водно-физические свойства, которые обеспечивают высокое плодородие [73]. Особенно велика роль кальция, который склеивает почвенные агрегаты, формирует комковатую структуру почвы, которая необходима для ведения земледелия. Кальций присутствует также и в виде водорастворимых солей, которые используются растениями [74].

В перегнойно-аккумулятивном горизонте черноземных почв содержание кальция составляет 70-95% от емкости катионного обмена. Но в результате антропогенного воздействия наблюдается декальцинирование этих почв. Сохранение потенциального плодородия черноземов возможно лишь при компенсации недостатка кальция [75]. Ежегодные потери кальция могут достигать от 50 до 350 кг/га. Они также указывают, что длительное применение азотных удобрений приводит к снижению обменного кальция [76, 77]. В составе золоуглеродного препарата содержится кальций, положительная роль которого очевидна.

Сера может усваиваться растениями только из почвенного раствора в виде сульфата. Как и в случае с легкодоступным нитратом, она может утрачиваться в результате вымывания. Поэтому рекомендуется внесение сульфатных удобрений весной, чтобы растение могло усваивать их в период активного роста, как в случае нитрата [78]. Исследуемый золоуглеродный препарат «Агробинон» содержит 0,84 % оксида серы, который служит источником сульфатного питания растений.

Натрий относится к биогенным макроэлементам, он создает осмотическое давление в растительной клетке. Установлена относительно высокая потребность пастбищных трав в натриевом питании. Внесение натриевых удобрений на пастбищах улучшает качество травяного корма и его усвоение животными [79].

Впервые в 1914 году роль натрия в почвообразовательном процессе

установил К.К. Гедройц. Согласно его теории, наличие натрия в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) вызывает солонцеватость почвы, обуславливая ее отрицательные водно-физические и физико-химические свойства. Солонцеватость связана с наличием солонцового горизонта, который в сухом состоянии становится твердым, плотным, а во влажном состоянии вязким, липким и водонепроницаемым. Он предложил метод химической мелиорации солонцов, который основан на вытеснении катионов натрия из ППК кальцием гипса. Таким образом достигается улучшение водно-физических свойств данной почвы [74]. В составе исследуемого препарата содержание натрия незначительное – 0,16 %, которое не может вызвать процесс осолонцевания почвы.

Микроэлементы играют важную роль в процессе формирования генеративных органов, положительно влияют на развитие семян, под их действием растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям и поражению болезнями. Все элементы минерального питания тесно связаны между собой, но роль каждого из них специфичная.

Для нормального роста и развития растений необходимы как макро-, так и микроэлементы, 16 из них считаются абсолютно необходимыми: углерод, водород, азот, кислород, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, марганец и др. микроэлементы. По закону совокупного действия факторов Митчеллиха каждый элемент выполняет в растениях определенные функции, и заменить один элемент другим невозможно [80]. Как недостаток, так и избыток того или иного элемента негативно влияет на рост и развитие растений [81].

Цинк входит в состав более 30 растительных ферментов, участвующих в процессах дыхания и фотосинтеза. Его недостаток в питании существенно сказывается на темпах роста культур. Кроме того, цинк нормализует фосфорный обмен и способствует фиксации углерода [82]. Цинку принадлежит важная роль в синтезе нуклеиновых кислот и белка [83].

В почвах встречаются водорастворимые, обменные и труднорастворимые соединения меди, он обладает сильными комплексообразующими свойствами

[84]. В исследуемом препарате содержание меди служит в качестве микроудобрения.

Молибден входит в состав биокатализаторов, которые усиливают интенсивность процесса фотосинтеза [85].

Молибденовые удобрения в небольших дозах способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур, улучшают их качество [86, 87]. Молибден в составе исследуемого препарата может также служить источником микроудобрения.

Кобальт в природе мало распространен. Его кларк в литосфере составляет  $4 \cdot 10^{-3}$  %, в почве –  $1 \cdot 10^{-3}$  % [88]. Содержание подвижного кобальта в пахотном слое почв европейской части России составляет 0,3–4,2 мг/кг. Максимальными величинами содержания как валового, так и подвижного кобальта отличаются черноземы обыкновенные. Кобальт в почвах находится в валовой, водорастворимой, обменной и труднорастворимой формах [89]. Кобальт является стимулятором роста [90]. Установлено положительное влияние кобальта на урожайность томатов, гороха, гречихи, ячменя, овса и других культур [91].

Марганец в почве находится в следующих формах: минеральная фракция, растворимый марганец, обменный марганец и фракция органических комплексов [92]. Среди множества форм марганца лишь две легко доступны растениям: водорастворимая и обменная. Оксиды марганца обладают способностью катализировать реакции полимеризации органических соединений почвы, окисляя фенолы и хиноны, они участвуют в процессе образования гумуса. Несмотря на большое количество данных, подтверждающих и детально характеризующих участие марганца в процессах функционирования растительной клетки, относительно мало известно о механизме действия этого элемента [93]. Черноземы, как правило, обычно содержат больше Mn, чем почвы гумидных ландшафтов из-за преобладания щелочной окислительной среды, которая препятствует миграции марганца. Марганец присутствует в почвах в составе оксидов и гидроксидов, образующих часто пленки на почвенных отдельностях, конкрециях, включениях. Марганец в растениях играет аналогичную роль, как

магний и железо. Его недостаток в почве снижает синтез углеводов и протеинов [90]. Золоуглеродный препарат «Агробионов» может явиться источником пополнения недостающего марганца в почве.

S. Sudhir K. Kalra, Naveen (2006), отмечают, что золошлак может использоваться для рекультивации нарушенных земель и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Золошлаки могут улучшить физические, химические и биологические свойства мелиорируемых земель и повысить доступность макро- и микроэлементов для растений [94].

C. Hoon, L. Yong, B. Lee (2006) в качестве потенциального источника кремния выбрали золошлак и утверждают, что золошлак улучшает баланс питательных веществ в илистых суглинистых и супесчаных почвах при возделывании риса [95].

Prakash, S. Anil, K. Sharma (2017). отмечают, что золошлак можно использовать для мелиорации бросовых земель, в целях повышения их потенциального плодородия и снижения загрязнения окружающей среды [96].

Многолетние опыты C. Tsadilas, T. Nikoli (2018) показали, что при рекультивации переуплотненной почвы «проселочной земли» золошлаком, с течением времени, отмечалось улучшение физических и химических свойств почвы: повышение водопроницаемости, содержания валового азота, подвижного фосфора, обменного калия и снижение плотности почвы [97].

M. Wyszowski, J. Wyszowska, N. Kordalaand, A. Borowik (2022) утверждают, что использование золошлака повышает урожайность кукурузы и содержание в почве азота и кальция. Авторы рекомендуют использовать золошлаки для удобрения подзолистых почв и рекультивации деградированных земель, с дальнейшим включением их в сельскохозяйственный оборот [98].

R. Kaur и D. Goyal (2016), утверждают, что золошлак обладает хорошей водоудерживающей способностью (62%), содержит макро- и микроэлементы, что является обоснованием его применимости в качестве носителя различных микробных инокулянтов, то есть повышает микробиологическую активность

почвы, является дешевым источником питательных добавок для сельскохозяйственных культур [99].

R. Panda, T. Biswal (2018) указывают, что золошлаки имеют большие перспективы использования их в сельском хозяйстве из-за эффективности в повышении плодородия различных типов почв наличие таких элементов, как K, Na, Zn, Ca, Mg и Fe повышает урожайность многих сельскохозяйственных культур. На основе обзора многочисленных исследований последних четырех десятилетий авторы пришли к выводу об эффективности использования золошлаков в сельском хозяйстве [100].

K. Kumar и A. Kumar (2016) были проведены исследования по изучению влияния золошлаков на морфофизиологические характеристики бобовых культур (*Vigna mungo* L.). Полученные результаты показали, что внесение золошлаков способствовало увеличению длины корешков, длины побегов и урожайности бобовых культур (*Vigna mungo* L.). На основании проведенных исследований авторы делают вывод, что внесение золошлаков служит основой для устойчивого ведения сельского хозяйства [101].

S. N. Singh, K. Kulshreshtha, K. Ahmad (1997) указывают, что внесение золошлаков в вегетационном опыте в дозах при смешивании супесчаной почвы с 5-10 % летучей золы повышало полевую всхожесть растений бобовых обыкновенных (*Vicia faba* L), а при смешивании с 20-30 % задерживали прорастание семян и подавляли эти процессы. Внесение золошлаков в почву повышало поглощение Ni растениями, но уменьшило Cr и Cu [102].

S.M. Shaheen, P.S. Hooda, C.D.Tsadilas (2014) считают, что золошлак повышает плодородие почвы и урожайность культур [103]. R.E. Masto (2014) отмечает, что золошлак улучшает водно-физические, агрохимические, биологические свойства почвы и повышает урожайность зерновых культур [104].

Исследователи Tsutomu Ohno (1990) и MSusan Erichi, EtiegniL (1991) указывают, что золошлаковые отходы влияют на кислотность почвы [105, 106]. В исследованиях D.C. Adriano, A.L. Page, A.A. Elseewi, A.C. Chang (1980) при взаимодействии золошлака с почвой установлено повышение кислотности почвы

до нейтрального уровня. Нейтрализацию почвенной среды авторы объясняют содержанием легкодоступной формы кальция в золошлаке и суперфосфате двойном гранулированном [107].

A. Varshney, P. Dahiya, A. Sharma (2022) провели обзор исследований индийских ученых по применению золошлаков на почвах тропической зоны, которые указывают, что золошлаки обогащают почву питательными элементами, улучшают их физико-химические свойства, повышают урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечивают экологическую безопасность и устойчивость ведения сельского хозяйства [108].

D. Schönegger, M. Gómez-Brandón, T. Mazzier, H. Insam (2018) указывают, что золошлаки, содержат важные для питания растений макро- и микроэлементы в доступной форме. Внесение золошлака улучшает состав микрофлоры и питательный режим почвы, повышает урожайность культур [109].

В опытах Bing-QingWANG Ning, C. Chuan, Gao, P. dong, Wang, B. qing, Lin (2017) на оподзоленных элювиальных почвах применение органоминеральных удобрений способствовало увеличению содержания органических веществ и активизации ферментов в почве [110].

По мнению Л.Н. Коробовой (2013) повышение коэффициента трансформации органического вещества отражает потенциальную интенсивность накопления гумусовых веществ в почве [111]. В наших исследованиях «Агробионов» в принципе способствовал повышению коэффициента трансформации органического вещества, то есть потенциального плодородия почвы.

В опытах A. Khadem, F. Raiesi (2017) применение биоугля, произведенного из кукурузного сырья, на известняковых, глинистых почвах в условиях сухостепной зоны улучшило состав и численность микробоценоза почвы [112].

Б. Клубек, CL Carison, Дж. Оливер DC, Adriano (1992) указывают, что утилизация летучей золы путем применения ее для удобрения почв требует добавления органических отходов для стимулирования развития микробных

сообществ [113]. Присутствие в составе «Агробионова» наночастиц углерода может служить альтернативой органическим отходам.

Исследования Carla Cruz-Paredesblh (2017) также показывают, что внесение золошлака с концентрацией 5% в вегетационном опыте повысило микробиологическую активность [114].

В исследованиях ряда ученых на участке рекультивации золоотвала на зольных участках, покрытых почвой, то есть при большой концентрации золы микробная биомасса и ферментативная активность в золе и шламе были низкими [115-117].

А. Mandre, S. Paliya (2019) установили, что при добавлении летучей золы в почвогрунт повышается микробная и ферментативная активность органических отходов при их компостировании [118]. В нашем опыте при внесении золоуглеродного препарата «Агробионов» совместно с фосфорным удобрением повышается микробиологическая активность почвы.

Ряд авторов отмечают положительное влияние отходов производства на микрофлору, питательный режим почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Например, дигестат от производства биогаза [119], биосолиды (продукт очистки сточных вод) [120], пищевые отходы [121], повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Все они служат источником углерода и других питательных элементов для почвы. В наших исследованиях этим источниками является золошлак и технический углерод.

Анализ научной литературы показывает, что утилизация золошлаков имеет как глобальное, так и национальное, региональное и локальное значение. Так М. Basu M., Pande (2009) утверждают, что из-за большого скопления отходов из золошлака, управление ими остается большой проблемой века. В то же время имеется большой потенциал использования этих отходов в сельском хозяйстве. Золошлаки улучшают состояние почвы и урожайность многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, использование золошлака может снизить выбросы углекислого газа, тем самым частично решить проблему глобального потепления [122].



M.Alam, Z. Hussain, A. Khan (2020) установили, что почвы с высоким содержанием тяжелых металлов отрицательно влияют на рост и урожайность редиса, в то время как внесение органических удобрений сократило доступность тяжелых металлов, увеличило рост редиса и минимизировало риск для здоровья человека [123]. В нашем опыте превышение содержания тяжелых металлов в почве не обнаружено.

Содержание свинца в зерне ярового ячменя в контроле составило 0,32 мг/кг; с возрастанием дозы препарата «Агробионов» от 100 до 500 кг/га отмечалась тенденция увеличения содержания свинца в зерне ярового ячменя от 0,33 до 0,47 мг/кг, но эти показатели находились ниже значения ПДК 0,50 мг/кг. Установлена прямая очень тесная корреляционная связь содержания свинца в зерне ярового ячменя с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,90. Содержание кадмия, цинка, мышьяка и ртути в зерне ярового ячменя находилось ниже пределов обнаружения прибора.

Л.Н. Скипин, А.А. Ваймер, Е.В. Захарова, Е.В. Гаевая (2014 год) изучали содержание тяжелых металлов в почвах с разным уровнем химизации. Результаты исследований авторов показали, что при высоком уровне химизации в ОПХ «Заводоуковское», Заводоуковского района, Тюменской области РФ наблюдалось превышение ПДК по содержанию кадмия в темно-серых лесных почвах, на 2 % площади пашни. Наличие других тяжелых металлов, независимо от степени химизации хозяйства, не превышало уровня ПДК. На основании экспериментальных данных авторы делают вывод об экологической безопасности использования минеральных удобрений в дозах 150-200 кг/га д.в. на пахотных землях Тюменской области [124].

Chuan, NINGPeng, GAO (2017) указывают, что чрезмерное использование минеральных удобрений создает потенциальный риск для качества почвы. Применение органических добавок и сокращение доз минеральных удобрений являются экономически целесообразными и экологически обоснованными подходами к развитию устойчивого сельского хозяйства [125]. В наших опытах вносились 1/10 часть от потребного количества минеральных удобрений.

Yong Bok Lee, Chang Hoon Lee, Pil Joo Kim (2007) указывают, что использование золошлака как источника силикатов, не приводило к накоплению тяжелых металлов в почве и избыточному поглощению тяжелых металлов зерном. Авторы пришли к выводу, что золошлаки могут быть хорошим минеральным удобрением для восстановления баланса питательных веществ в почве [126].

Анализ научной литературы показывает, что применение золошлаков в качестве удобрения способствует повышению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

### **1.3 Эффективность и экологическая безопасность применения минеральных удобрений и отходов производства на посевах зерновых культур**

Основной задачей земледелия является повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранение плодородия почв. Одним из возможных направлений интенсификации земледелия является поиск новых, экономически выгодных, доступных местных материалов для питания растений [127]. Зерновые активнее всех других культурных растений реагируют на удобрения, обработку почвы, орошение и т.д. значительными прибавками урожая [128].

Низкая урожайность зерновых культур в РК связана с нарушением технологии их возделывания, внесением малых доз минеральных удобрений, снижением потенциального плодородия почв [129].

Благодаря биологическим особенностям (коротким вегетационным периодом, засухоустойчивостью) ячмень является основной фуражной культурой в Северном Казахстане. Он хорошо отзывчив на удобрения [130]. Важным резервом повышения урожайности и качества зерна ячменя является применение научно-обоснованных норм удобрений [131].

В Северном Казахстане яровой ячмень является наиболее распространенной после яровой пшеницы зерновой культурой. Его возделывают как продовольственную, техническую и кормовую культуру. Из зерна ярового ячменя производят муку, ячневую и перловую крупу. Яровой ячмень обладает отличными кормовыми свойствами, 1 кг зерна содержит 1,13 кормовых единиц. Для пивоварения используются двурядные сорта ячменя.

Яровой ячмень отличается засухоустойчивостью, скороспелостью, жаровыносливостью и холодостойкостью. Приспособлен к различным природно-климатическим условиям. Семена прорастают при температуре +1... +2 °С, равномерные всходы появляются при 6-10 °С, оптимальная температура прорастания – 20-22 °С. Всходы способны переносить заморозки до -8 °С.

Все основные типы почв Северного Казахстана характеризуются низкой обеспеченностью, в первую очередь, фосфором, дефицит которого оказывает особенно негативное действие на развитие растений и последующее формирование урожая при пониженном содержании влаги в посевном горизонте. Это особенно характерно при возделывании зерновых по традиционной технологии. В результате исследований, проведенных научными учреждениями Северного и Центрального Казахстана, было установлено, что, во-первых, применение фосфорных удобрений на черноземах и каштановых почвах под зерновые культуры обеспечивают стабильный эффект и, во-вторых, агротехническими приемами решить проблему дефицита фосфора невозможно. Было доказано, что фосфорные удобрения не только повышают урожайность зерна и улучшают его качество, но и на 5-6 дней ускоряют созревание, благодаря чему уборка зерновых начинается раньше и проводится в более благоприятных условиях осени. Повышается засухоустойчивость и снижается коэффициент водопотребления растений, отмечается усиленное развитие корневой системы и повышается сопротивляемость растений к внедрению и развитию патогенов. Каждый килограмм внесенного фосфора с учетом действия и последствий обеспечивает в черноземной и каштановой зонах получение дополнительно 10-15 кг зерна при двукратной и более окупаемости затрат на удобрение. В мировой

практике принято считать, что 50% повышения урожайности обеспечивается за счет введения более интенсивных сортов и 50% - изменением технологических схем и параметров возделывания культур, основное место среди которых занимает применение минеральных удобрений. И в зоне Северного Казахстана удобрения являются наиболее эффективным агрономическим приемом, способным на 25-30% и более увеличивать урожайность. Практически масштабное поступление и применение фосфорных удобрений в республике началось только с середины 80 годов, когда была принята программа интенсивной технологии возделывания зерновых культур [132].

Важнейшим фактором сбалансирования питания растений является доведение уровня подвижного фосфора до 100-150 мг/кг почвы, что обеспечивается внесением не менее 60 кг д.в. фосфорных удобрений с 8 т/га подстилочного навоза. При повышенной обеспеченности достаточно применять 30-40 кг/га д.в. фосфорных удобрений. Оптимальным уровнем фосфорного питания на черноземах некарбонатных является содержание 10-15 мг/100 г. Даже при среднем содержании фосфора в почве урожайность культур ниже, чем при оптимальном. Недооценка содержания фосфора в почве приводит к перерасходу азотных удобрений (Р.Ф. Макаров 1989). На типичном черноземе оптимальным уровнем обеспеченности подвижным фосфором является для озимой, яровой пшеницы и кукурузы на силос - 12-13 мг/100 г почвы, сахарной свеклы и ячменя - 13-15 мг. Затраты фосфорных удобрений на повышение содержания  $P_2O_5$  на 1 мг/кг почвы составляют 80-100 кг действующего вещества фосфорных удобрений [133].

Так, М.Н. Самусева, Т.И. Шишелова (2009) отмечают, что применение ЗШО производства для улучшения плодородия почв является перспективным направлением в земледелии, так как наряду с продовольственной задачей решаются проблемы утилизации местных отходов производства [134]. То есть использование ЗШО в качестве удобрения имеет и экологическое значение.

Изучение возможности применения отходов производства связано с деградацией, дегумификацией почв, которая проявлялась с 1953 года [135]. Этот

процесс продолжается и по настоящее время, что связано в первую очередь с малым внесением минеральных удобрений: всего 5-6 кг/га пашни [136].

Расчетная потребность в минеральных удобрениях по стране составляет 3,3 млн. тонн. В настоящее время обеспечение прогнозной потребности в удобрениях не представляется возможным. Исследуемый препарат «Агробиионов», произведенный из золошлака и технического углерода, служит, наряду с другими препаратами, средством повышения эффективного плодородия почв. В условиях интенсивного развития промышленного и энергетического производства образуются все в больших объемах отходы, в том числе золошлаковые отходы. Из-за низкой платежеспособности фермеров они не в состоянии приобрести необходимое количество минеральных удобрений. Микроудобрения также практически не применяются [137].

В Республике Казахстан объем накопленных золошлаковых отходов (ЗШО), образованных на ТЭЦ, ГРЭС, в котельных, составляет 750 миллионов тонн. Данный факт является одной из серьезных экологических проблем, связанных с угрозой здоровью населения и экологической безопасности окружающей среды (ущерб для почвы, растений, атмосферы). Из золошлаковых отходов из угля, в Казахстане перерабатывается всего около 8 % золы (менее 1,9 млн тонн). Если использование ЗШО останется на этом уровне, то объем накопления ЗШО к 2030 году достигнет 1 млрд тонн [138].

Общеизвестно положительное влияние минеральных удобрений на плодородие почвы [139] и урожайность различных сельскохозяйственных культур [140]. Но высокая цена минеральных удобрений ограничивает их широкое применение в земледелии.

Вместе с тем, ряд зарубежных авторов указывают на эффективность применения золошлаков в качестве удобрения и мелиоранта. Имеются данные А.А. Сарсеновой об эффективности применения исследуемого препарата на черноземных почвах Омской области РФ в зернопаровом севообороте под яровую пшеницу [141]. Эффективность применения золошлака на черноземных почвах Северного Казахстана установлена при возделывании яровой пшеницы.

В состав препарата входит и технический углерод, который составляет основу органического вещества биосферы. Углерод также входит в состав гумуса, поэтому велика роль углерода в формировании плодородия почв.

J. Zhao L., Zhou (2011) указывают, что применение органо-минеральных удобрений приводит к улучшению питательного режима и в целом повышению плодородия на черноземной почве [142].

Величина емкости почвенного поглощающего комплекса зависит от многих показателей, основным из которых является степень гумусированности и реакция почвенной среды [143, 144]. К.К. Гедройц (1975) отмечает, что важную роль в формировании поглотительной способности почв играет их гранулометрический состав. Влияние содержания гумуса на величину емкости катионного обмена указывает М.А. Винокуров (1941) [145]. По данным Т.И. Николаевой (1998) величина емкости катионного обмена определяется содержанием глинистых минералов и органических веществ [146].

В исследованиях А.К. Nayak, R. Raja, K.S.Rao, A.K.Shukla (2015) применение золошлака в малых долях (от десяти до двадцати процентов от объема почвы) в вегетационном опыте повышало содержание микроэлементов, микробную активность почвогрунта и урожайность риса [147].

F. Caravaca, A. Morugán-Coronado, A. Roldán (2015) изучали эффективность применения сточных вод в качестве удобрения. Анализы показали существенное увеличение численности бактерий, особенно тех, которые утилизируют органические соединения азота [148].

O.S. Bezuglova, E.A. Polienko, A.V. Gorovtsov (2017) установили, что обработка растений гуминовыми веществами способствует увеличению количества микроорганизмов в почве, что приводит к мобилизации фосфора, доступного растениям [149].

Е. Осіера, М. Mrowiec и L. Joanna (2017) для удобрения почвы применяли смесь сточных вод, отработанных почвенных фракций бурого угля, золу бурого угля, обогащенную минеральным калийным удобрением. При удобрении почвы

исследуемой смесью урожайность риса была в 1,6-2,7 раза выше, по сравнению с контролем [150].

М.А. Кузьмич (2004) отмечает, что в составе феррохромовых шлаков имеются никель, бор, стронций и селен. Автор указывает, что при соблюдении технологических требований и постоянном мониторинге, концентрация этих токсикантов в почве и растениях значительно ниже ПДК. Причем в малых количествах хром, бор и селен могут рассматриваться как необходимые для растения микроэлементы. Для экологически безопасного использования указанных мелиорантов необходимо соблюдать разработанные регламенты и рекомендации [151].

Соблюдение норм внесения мелиорантов касается и меди. В исследованиях И.В. Замулиной, А.В. Горовцова, Т.М. Минкиной и др. (2022) выяснилось, что в почвах с высоким содержанием меди, количество бактерий снизилось более чем в десять раз, высокая концентрация меди в почве уменьшила число микроорганизмов и активность ферментов [152].

Результаты опыта К.С. Patra, R. Rautray P. Nayak (2012) показали, что золошлак может улучшить физические и химические свойства почвы, повысить их плодородие и урожайность культур. При внесении золошлаков из расчета 200 т/га прибавка урожая кукурузы составила 28 % по сравнению с контролем [153].

В опытах С. Hoop, L. Yong, B. Lee (2006) внесение золошлаков в дозе 90 кг/га обеспечило наивысший урожай риса и не способствовало повышению содержания тяжелых металлов в почве, что подтверждает экологическую безопасность их применения [95].

В экспериментах M.Prakash, S. Narayanan, S. Kumar, S. Padmavathi (2014) семена риса, обработанные золошлаком из расчета 250 г/кг, повысили рост, развитие и урожайность риса [154].

В исследованиях S. Jezierska-Tys M. Frac (2008) внесение отстоя сточных вод молочной промышленности в смеси с золошлаком вызвало стимуляцию роста бактерий и грибов в почве и это не представляло экологическую опасность,

содержание тяжелых металлов в почве не превышало предельно допустимых норм [155].

В науке и практике применяются многие виды отходов производства. В частности, фосфогипс успешно используется для мелиорации солонцовых почв в различных почвенно-климатических условиях А.Л. Анушков (1976), П.И. Чапко, Е.В. Солдатова (1972), В.И. Кирюшин, Н.В. Семендяева, Л.А. Жеронкина (1989), Л.Н. Петров, И.С. Выродов, Т.Н. Чебенов (1976), А.Т. Хусаинов (2012) [156 –160].

N. Kumar, P. Samal, R. Das и S. Sahoo (2015) отмечают, что добавление в почву 25 % золошлаков способствовало увеличению содержания жиров в семенах подсолнечника [161].

D. Katiyar, A. Singh, P. Malaviya (2012) отмечают, что золошлаки содержат почти все макро- и микроэлементы. Внесение золошлака в почву из расчета 25 % от объема почвы в закрытом грунте вегетационного опыта увеличило количество листьев, высоту растений, биомассу и урожайность трех культурных растений (палак, маш и чили) [162].

В опытах S.Faizan, S. Kausar (2010) внесение 5%, 10% и 25% угольной золы в почвогрунт в вегетационном опыте вызвало значительное увеличение роста растений, урожайности и биомассы, а также образование стручков чечевицы, 25% доза была оптимальной. При концентрациях выше 25 % эффект снижался. Авторы утверждают, что при низкой концентрации золошлаков, содержащиеся в них тяжелые металлы лучше влияют на рост растений, урожайность и биомассу [163].

Q. Sumira Jan, R. Khan, и T. Siddiqi (2013) отмечают, что концентрация золошлака до 25% в почвогрунте улучшает физико-химические свойства почвы, увеличивает доступность для растений макро- и микроэлементов, стимулирует рост, развитие и повышает урожайность сафлора. Дальнейшее увеличение концентрации золошлаков снижало стимулирующее воздействие их на растения [164].

L. Sang-Sun, C. Woo-Jung, X. Chang (2017), утверждают, что применение золошлака на рисовых полях увеличивает урожайность зерна риса [165]. M. Basu, M. Pande, S. Bhadoria и S.C.Mahapatra (2009) также отмечают, что наличие в



составе золы таких элементов, как К, Na, Zn, Ca, Mg и Fe способствует увеличению урожайности многих сельскохозяйственных культур [166].

Известно, что качество семян, в частности, энергия и лабораторная всхожесть их прорастания играют определяющую роль в формировании урожая сельскохозяйственных культур. В Республике Казахстан семена зерновых культур в большинстве хозяйств имеют невысокие посевные качества, значительную долю площадей засевают нестандартными семенами. Использование некачественных семян является одной из причин потери урожая [167].

Для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур на практике в Северном Казахстане применяется широкий спектр химических препаратов, более 30-ти наименований. Наряду с ними массово используются синтетические органоминеральные препараты зарубежного производства [168].

Науке и практике известны различные способы предпосевной обработки семян зерновых культур, которые повышают их стрессоустойчивость [169]. Например, применяют лектин [170], гуматы [171], которые повышают лабораторную всхожесть семян. Для обработки семян также применяются стимуляторы роста [172].

Для предпосевной обработки семян практикуется применение микроэлементов [173, 174]. Но данных по использованию отходов производства для предпосевной обработки семян в научной литературе встречается очень мало. Наши исследования показали высокую эффективность применения золоуглеродного препарата для предпосевной обработки семян ячменя.

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной научной литературы показывает экологическую безопасность и высокую эффективность использования золошлаков и препаратов с их участием для удобрения почв.

Целью нашего исследования стало изучение эффективности применения золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземных почвах при возделывании ячменя в условиях Северного Казахстана.

## 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Почвенно-климатические условия Северного Казахстана

Северный Казахстан представлен Акмолинской, Костанайской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областями. Протяженность его территории с запада на восток превышает 1300 км, с юга на север – 900 км. Большая часть Северного Казахстана представлена обширными равнинными пространствами, что обусловило и характер распашки земель крупными сплошными массивами. В равнинной части территории выделяются умеренно засушливая степь (черноземы обыкновенные), засушливая степь (черноземы южные, темно-каштановые и каштановые почвы) [175].

Северный Казахстан расположен на двух основных почвенно-климатических зонах: черноземной и каштановой. Эти зональные почвы вовлечены в пашню, распаханность территорий довольно высокая – 70-80 %.

Климат отличается резкой континентальностью. Зима длинная, суровая; лето – короткое, жаркое.

В Северном Казахстане длина вегетационного периода составляет 135-170 дней. Теплообеспеченность считается оптимальной для всех возделываемых культур [176]. Недостаточное количество осадков в весенне-летний период является лимитирующим фактором формирования урожая [177]. В степной зоне Северного Казахстана по средним многолетним данным Зерендинской ГМС выпадает 340 мм осадков в год, из них 220 мм в вегетационный период растений, что составляет 65 %. Гидротемический коэффициент (ГТК) составляет в среднем 0,8.

Черноземная зона, где проводились данные исследования, относится к засушливой зоне. По условиям теплообеспеченности данная зона делится на две подзоны: умеренно-теплую и теплую с суммой эффективных температур 2100-2200<sup>0</sup>С.

В третьей декаде мая отмечается возврат холодов, что может привести к гибели всходов. В летний период опасность представляют суховеи, которые вызывают ветровую эрозию.

Лето сухое и жаркое. Средняя температура воздуха в июне месяце составляет  $+17+18^{\circ}\text{C}$ , в иные годы может достигать до  $44^{\circ}\text{C}$ , июле -  $+20-21^{\circ}\text{C}$  [178].

В целом природно-климатические условия зоны вполне благоприятствуют для возделывания ярового ячменя. Для данного региона характерна хорошая обеспеченность ярового ячменя теплом. Но недостаток осадков в вегетационный период требует проведения влагонакопительных и влагосберегающих мероприятий.

Почвенный покров Северного Казахстана представлен обыкновенными и южными черноземами, темно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми почвами. На черноземных почвах размещается почти 60% площади пашни, на каштановых - чуть более 40% [179].

Генетической особенностью черноземов Северного Казахстана является укороченность гумусового горизонта, наличие потеков гумуса «языков» по трещинам почвенного профиля. Это обусловлено глубоким промерзанием почв, вследствие чего образуются морозобойные трещины.

Чернозем обыкновенный формируется под разнотравно-ковыльной, а чернозем южный – под ковыльно-типчаковой растительностью. Под типчаковыми ассоциациями располагаются солонцеватые и карбонатные почвы.

## **2.2 Условия, объекты и методика проведения исследования**

Объектами исследования являются: чернозем обыкновенный, яровой ячмень сорта «Астана-2000».

Для описания морфологического строения исследуемой почвы на опытном поле нами выкопан почвенный разрез. Рельеф участка представляет волнистую равнину. Угодье – пашня, поверхность почвы равнинная, микрорельеф

представлен микро-западинами. Глубина разреза 120 см. Вскипание от 10 %- ой соляной кислоты бурное с 26 см. Видимые скопления карбонатов в виде примазок отмечаются с глубины 78 см. Почвообразующая порода – желто-бурый тяжелый карбонатный суглинок.

Горизонт А (0-25) – темно серый, влажный, тяжелосуглинистый, слабо уплотненный, пылевато-комковатый, пористый, не вскипает, скопление корней, переход постепенный по окраске и структуре.

Горизонт В<sub>1к</sub> (25-36) – темно-бурый, увлажненный, уплотненный, тяжелосуглинистый, комковатый, пористый, вскипает с 26 см бурно, корни растений, переход постепенный по окраске и структуре, имеются потеки гумуса. Содержание гумуса постепенно снижается вниз по профилю,

Горизонт В<sub>2к</sub> (36-49) – бурый, увлажненный, тяжелосуглинистый, уплотненный, мелкокомковатый, тонкопористый, вскипает бурно, корни растений, переход постепенный по окраске и структуре.

Горизонт ВС<sub>к</sub> (49-95) – желто-бурый с затеками, увлажненный, легкоглинистый, уплотненный, непрочнo-комковатый, тонкопористый, вскипает бурно, единичные корни растений, карбонатные примазки с 78 см, переход постепенный по окраске и структуре.

Горизонт С<sub>к</sub> (95-120) – желто-бурый, увлажненный, тяжелосуглинистый, бесструктурный, уплотненный, тонкопористый, вскипает бурно.

Из поглощенных оснований в верхнем горизонте преобладают катионы кальция (78,1-93,2%) и магния (6,3-18,7%). Содержание обменного натрия в горизонте В<sub>1</sub> незначительное (0,5-3,2% от суммы оснований), что характеризует данные почвы как несолонцеватые (таблица 1).

По гранулометрическому составу черноземы обыкновенные маломощные представлены тяжелосуглинистыми разновидностями с содержанием физической глины в горизонте А – 45,19-59,14 %.

Название почвы: чернозем обыкновенный, маломощный карбонатный, мало гумусный, тяжелосуглинистый. Относится к 5 агропроизводственной группе – пахотнопригодным землям ниже среднего качества, требующим

дифференцированной агротехники.

Таблица 1 – Состав поглощенных оснований чернозема обыкновенного в УНПЦ «Элит»

Слой почвы, см	Состав поглощенных оснований, %		
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>
0-20	93,2	6,3	0,5
0-40	78,1	18,7	3,2

Исследуемая почва по содержанию гумуса относится к малогумусному (по Тюрину), по степени обеспеченности – легкогидролизуемым азотом (по классификации Тюрина и Кононовой) и подвижным фосфором - к низкой, обменным калием (по классификации Мачигина) – высокой. В слое почвы 0-40 см содержится 3,91 % гумуса; 38,5 мг/кг легкогидролизуемого азота, 12,5 мг/кг подвижного фосфора и 480 мг/кг обменного калия. Реакция почвенной среды слабо щелочная (рН – 7,7) - таблица 2.

Таблица 2 - Содержание основных элементов питания и гумуса в черноземе обыкновенном в УНПЦ «Элит»

Слой почвы, см	Показатели, мг/кг			Гумус, %	рН водной вытяжки
	N <sub>легк</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
0-20	46,0	17,0	582	4,04	7,5
20-40	31,0	8,0	377	3,78	7,8
0-40	38,5	12,5	480	3,91	7,7

Возделывали сорт «Астана – 2000», выведенный в РГП «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» методом индивидуально-семейственного отбора из гибридной

популяции Целинный 213 \* Eagle. Разновидность «медикум». Масса 1000 зерен 46,1 г. Сорт среднеспелый, вегетационный период 73-75 дня. Засухоустойчивый, устойчивый к осыпанию, не полегает, слабо восприимчив к головне. Сорт кормового назначения с высоким содержанием белка. Отличается высокой урожайностью. Сорт районирован по Акмолинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областям с 2005 года.

Предметы исследования: суперфосфат двойной гранулированный и золоуглеродный препарат «Агробионов», порошковидной формы.

Двойной суперфосфат гранулированный – фосфорное, концентрированное удобрение. Содержит 42 или 46 %  $P_2O_5$ . Применяется на любых типах почв в основной прием внесения, а также для подкормок. Получают разложением молотого природного фосфата фосфорной кислотой. Характеризуется длительным периодом усвоения из-за малой растворимости фосфатов кальция в составе (дигидрофосфат) [180].

Золоуглеродный препарат под товарным знаком «Агробионов» (Приложение 2), в состав входят золошлак каменного угля и технический углерод. В химическом составе золоуглеродного препарата «Агробионов» присутствуют: С- 30%,  $SiO_2$  - 44,03%,  $Al_2O_3$  –18,45,  $Fe_2O_3$ –4,45%, СаО - 1,33%, MgO- 0,44%,  $SO_2$ - 0,84%,  $Na_2O$  - 0,16%, Cd - 0,0032%, Мо - 0,0096% (Приложение 3).

В составе золошлака из углей Экибастузского месторождения содержатся:  $SiO_2$  – 62,9 %,  $Fe_2O_3$  – 6,35 %,  $Al_2O_3$  – 26,35, СаО - 1,9%, MgO - 0,9%,  $SO_2$  - 1,2 %,  $Na_2O$  - 0,23%. Кроме того, в небольших количествах содержатся  $K > Mn > Sr > Pb > Co > Zn > Cu > Sn > Ag > Ni > Cd > Hg$ .

Полевые опыты закладывались в подзоне обыкновенных черноземов на опытном поле учебно-научно-производственного центра «Элит» Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова в с. Васильковка, Зерендинского района, Акмолинской области, в период 2018-2020 гг.

Для решения поставленных задач были проведены следующие полевые и лабораторные опыты.

Полевой опыт 1. Влияние доз внесения золоуглеродного препарата «Агробионов» на агрофизические, агрохимические, биологические свойства чернозема обыкновенного и урожайность зерна ярового ячменя.

Схема опыта:

- 1) контроль - без удобрения и препарата;
- 2) P<sub>7</sub> - 1/10 расчетной дозы (фон);
- 3) фон + золоуглеродный препарат «Агробионов» 100 кг/га;
- 4) фон + золоуглеродный препарат «Агробионов» 200 кг/га;
- 5) фон + золоуглеродный препарат «Агробионов» 300 кг/га;
- 6) фон + золоуглеродный препарат «Агробионов» 400 кг/га;
- 7) фон + золоуглеродный препарат «Агробионов» 500 кг/га.

Площадь деланки 125 кв. м (5 м x 25 м), учетная площадь – 85 кв.м, повторность - 4-х кратная.

Агротехника в опыте общепринятая для зоны. Осенью основная обработка почвы не проводилась. Препарат «Агробионов» и суперфосфат двойной гранулированный вносились согласно схеме опыта весной по стерневому фону под предпосевную культивацию ручную. Посев ярового ячменя сорта «Астана 2000» производился сеялкой СЗС – 2,1 в 2018 году 17 мая, 2019 - 2020 годах - 15 мая, норма высева 3,5 млн. всхожих зерен на га, глубина заделки семян 6-7 см.

В среднем за 2018-2020 годы полная расчетная доза фосфора составила 68 кг/га д.в. под планируемый урожай зерна ячменя 2,0 т/га; соответственно 1/10 дозы = 6,8 кг/га; 1/5 = 13,6 кг/га и 1/2 = 34 кг/га. Опыты повторялись в пространстве и во времени, где участки несколько различны по обеспеченности подвижным фосфором.

Полевой опыт 2. Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с золоуглеродным препаратом «Агробионов» на агрофизические, агрохимические биологические свойства чернозема обыкновенного и урожайность ярового ячменя.

Схема опыта:

- 1) контроль - без удобрения и препарата;

- 2) золоуглеродный препарат «Агробионов» 100 кг/га;
- 3) золоуглеродный препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>7</sub> - 1/10 расчетной дозы;
- 4) золоуглеродный препарат «Агробионов» 100 кг/г + P<sub>14</sub> - 1/5 расчетной дозы;
- 5) золоуглеродный препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> - 1/2 расчетной дозы;
- 6) P<sub>68</sub> – полная расчетная доза.

Площадь делянки 125 кв. м (5 м х 25 м), учетная площадь – 85 кв. -м, повторность - 4-х кратная. Агротехника та же, что и в опыте № 1.

Во втором опыте изучались дозы фосфорных удобрений при их совместном внесении с препаратом «Агробионов». Предыдущими исследованиями А.Т. Хусаинова и А.К. Муханбет (2016) установлено, что золошлак улучшает азотный режим питания чернозема обыкновенного за счет активизации микробиологических процессов в почве, для улучшения фосфорного питания необходимо вносить фосфорные удобрения. В данном опыте была поставлена задача оптимизации минерального питания ярового ячменя за счет сочетания золоуглеродного препарата «Агробионов» с фосфорным удобрением в различных дозах. Применялся суперфосфат двойной гранулированный с содержанием 42 % д.в.

Полевые опыты закладывались 3 года по предшественнику яровая пшеница.

Лабораторный опыт: влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя водной суспензией золоуглеродного препарата «Агробионов» на активность прорастания.

Схема обработки семян водной суспензией золоуглеродного препарата «Агробионов»:

- 1) контроль без обработки;
- 2) 0,1% раствор;
- 3) 1,0% раствор;
- 4) 2,5% раствор;
- 5) 5,0% раствор;
- 6) 7,5% раствор;
- 7) 10,0% раствор.

Повторность опыта 4-х кратная.



Лабораторный опыт проводили по методике Г.С. Удовенко, В.Н. Синельникова (1988). По данной методике определяются солеустойчивость семян путем создания солевых растворов разной концентрации. В нашем опыте создавались разные концентрации водной суспензии исследуемого препарата. Лабораторную всхожесть, длину побегов и корешков ячменя определяли по Межгосударственному стандарту «Семена сельскохозяйственных культур» ГОСТ 12038-84. Активность прорастания семян определяли по формуле:

$$\text{ИФ} = \frac{\text{ЛВ} + \text{ДП} + \text{ДК}}{3 \times 100}, \quad (1)$$

где ИФ – индекс фитоактивности, ЛВ – лабораторная всхожесть, ДП – длина побегов, ДК – длина корешков.

В полевых опытах проведены следующие наблюдения, учеты и анализы:

1. почвенные образцы на химический анализ отбирались перед посевом, в фазы кущения, колошения и полной спелости ячменя по ГОСТу 28168-89;
2. рН водной вытяжки потенциометрическим методом по ГОСТу 26423-85-ГОСТ 26483-85-ГОСТ 26490-85;
3. гумус по методу Тюрина;
4. легкогидролизуемый азот по методу Тюрина и Кононовой;
5. подвижный фосфор и калий по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205-91;
6. запасы продуктивной влаги в почве термостатно-весовым методом;
7. количественный учет микроорганизмов на плотной питательной среде, посев глубинный (Аристовская Т.В., Владимирская М.Е., Голлербах М.М. и др., 1962) [168]:
  - бактерий, утилизирующих органические соединения азота, разведение  $10^{-5}$  на мясопептонном агаре (МПА);
  - микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме ( $\text{NH}_3$ ), разведение  $10^{-5}$  на крахмало-аммиачном агаре (КАА);
  - олигонитрофилов, разведение  $10^{-5}$  в среде Мишустинной;

- микроорганизмов, мобилизующих минеральные фосфаты, разведение  $10^{-6}$  в среде Муромцева – Герретсена;

- целлюлозоразлагающих микроорганизмов, разведение  $10^{-3}$ –в среде Гетчинсона (посев поверхностный);

- нитрификаторов – в вводимом выщелоченном агаре с добавлением двойной, разведение  $10^{-1}$  аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты (посев поверхностный);

- грибов разведение  $10^{-3}$  в среде Чапека, подкисленной молочной кислотой;

8. активность разложения целлюлозоразлагающих бактерий по методу Е.Н. Мишустина, на глубину 0-20 см, в 3-х кратной повторности. Полотна закладывали в мае - после посева, июле – в фазу колошения ячменя и августе – перед уборкой (1979);

9. агрегатный состав почвы по методу Н.И. Савинова (метод «сухого просеивания»).

10. водопрочность почвенных агрегатов (1974) в слое почвы 0-20 см–методом П.И. Андрианова;

11. Баланс элементов питания в почве рассчитывали по Б.А. Ягодину, из дозы внесенного удобрения вычитали вынос питательных элементов. При расчете выноса питательных элементов за норму взяли 20,6 кг/га легкогидролизуемого азота и 8 кг/га подвижного фосфора с 1 тонны урожая зерна ячменя. Общие запасы азота и фосфора в почве рассчитывали путем суммирования осенних запасов и выноса их с урожаем. Расчет содержания элементов питания в кг/га проводили для слоя почвы 0-40 см, при ее плотности 1,1 г/см<sup>3</sup>. Коэффициент использования почвенного азота и фосфора рассчитывали, как процентное соотношение их общих запасов к выносу питательных элементов.

12. Содержание тяжелых металлов в почве и зерне ярового ячменя методом инверсионной вольтамперометрии по ГОСТу 50686-94-ГОСТ 50683-94.

13. Учёт густоты стояния растений в фазу полных всходов по Методике проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений (2011);

14. Учет урожая – сплошным способом по Б.А. Доспехову (1985);

15. Урожайные данные приведены к 100% чистоте и 15% влажности;

16. Результаты урожая подвержены статистической обработке по методу Фишера в изложении Б.А. Доспехова (1985).

17. Оценку экономической эффективности провели путем сопоставления дополнительных производственных затрат (ДПЗ) на внесение «Агробиионов» и минерального удобрения и стоимости прибавки урожая. Рассчитали стоимость дополнительного чистого дохода (ДЧД), стоимости прибавки урожая, окупаемость дополнительных затрат ( $O_k$ ) и рентабельность применения удобрений (Р).

18. Расчет корреляционной зависимости и математическое моделирование показателей плодородия почвы, и урожайности ячменя проводились по программе Statistica.

### **2.3 Агрометеорологические условия в годы проведения исследования**

По данным Зерендинской гидрометеорологической станции (ГМС), расположенной в 15 км от опытного поля, метеорологические условия в годы проведения исследований (2018, 2019, 2020гг.) резко отличались. По условиям тепло-влагообеспеченности вегетационных периодов 2018 год был увлажненным, гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянину Г.Т. составил 1,43; 2019 и 2020 гг. были засушливыми, ГТК составил, соответственно, 0,52 и 0,53 [181].

Вегетационный период 2018 года характеризовался обильными осадками и умеренной температурой воздуха. В среднем за вегетационный период всего выпало осадков 279 мм, что на 105 мм выше среднеголетних показателей (174 мм), по месяцам наибольшее количество осадков выпало в августе месяце - 114 мм, что выше среднеголетних осадков на 74 мм. Осадки июня (57 мм) и июля месяцев (71 мм) благоприятно воздействовали на рост и развитие ярового ячменя. Сумма активных температур за вегетационный период составила

1951<sup>0</sup>С, что благоприятствовало нормальному росту и развитию ячменя (рисунок 2).

2019 год отличался резкой засухой, температура воздуха была на уровне среднеголетних данных. За вегетационный период выпало 112 мм осадков. А в июле месяце выпало всего 15 мм, при норме 66 мм. В июне и августе месяцах выпало 37 и 35 мм, что соответствует среднеголетним нормам – 38 и 40 мм.

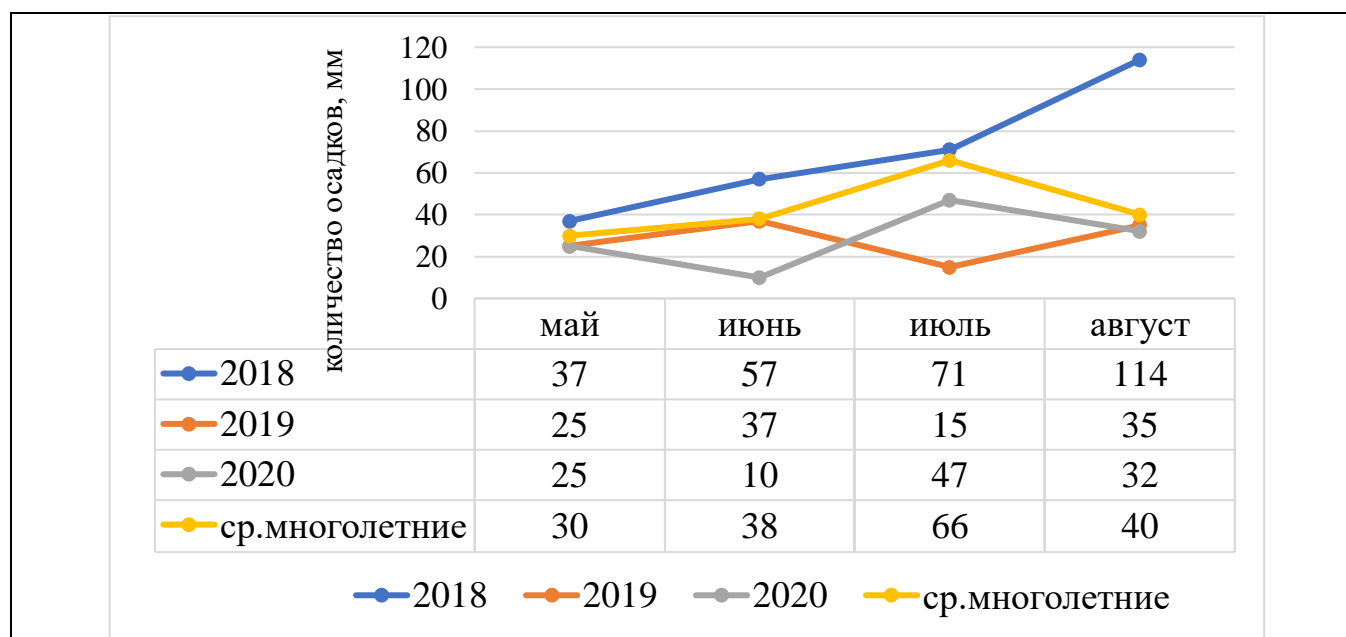


Рисунок 2 – Количество осадков за вегетационный период в 2018-2020 гг. по данным Зерендинской ГМС

В 2020 году минимальное количество осадков отмечено в июне месяце (10 мм), в этот период идет интенсивное развитие роста растений ярового ячменя, и недостаток влаги в этот критический период – в фазу кущения негативно отразилось на формировании урожая ячменя. В июле месяце количество выпавших осадков составило 47 мм, что тоже ниже средних многолетних данных – 66 мм. Общее количество выпавших осадков за вегетационный период в 2020 году составило 114 мм, что ниже среднеголетних на 60 мм. Сумма активных температур воздуха 2020 года составила 2188 <sup>0</sup>С, что ускорило созревание ячменя.

Как видно из рисунка 3, средняя температура воздуха по годам исследований была на одном уровне, что благоприятно сказалось для развития растений и своевременного прохождения всех фаз вегетации ячменя.

В 2018 году весна наступила в конце первой декады апреля. Погода была неустойчивой с частыми возвратами холодов с ветрами, выпадением осадков в виде дождя и снега. Во второй половине апреля ускорились темпы накопления тепла. В мае погодные условия были неустойчивыми, характеризовались переменной погодой, теплые дни, сменялись прохладными с сильными порывистыми ветрами, заморозками в ночные и утренние часы и осадками. Почва прогревалась медленно, что отрицательно повлияло на развитие и распространение вредителей, болезней и сорняков. Летний период на всей территории области был с умеренными температурами с большим количеством осадков в июне и августе. Дожди прошли обложные и ливневого характера с грозами, градом, резкими перепадами дневных и ночных температур.

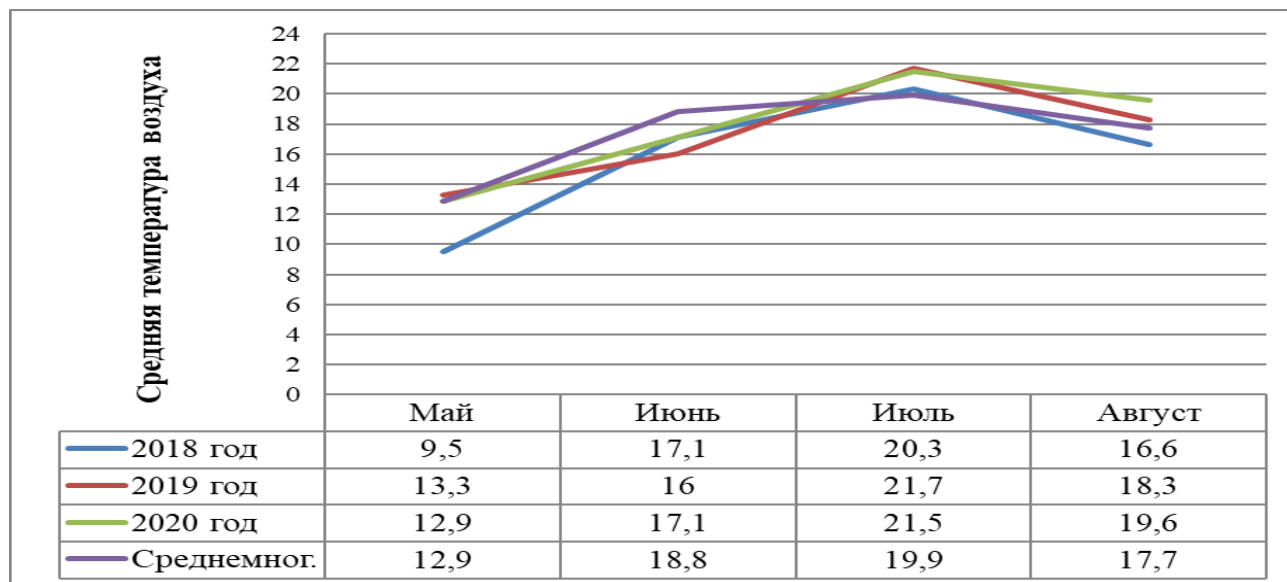


Рисунок 3 – Среднемесячная температура воздуха в 2018-2020 гг.,  
по данным Зерендинской ГМС

В 2019 году весна наступила в первой декаде апреля. Весенний период характеризовался переменной погодой, с частыми возвратами холодов,

отмечались осадки в виде дождя и мокрого снега, сильными порывистыми ветрами, местами отмечались метели. Лето было жарким, с небольшими колебаниями температур, с большим количеством осадков в июле и августе. Дожди прошли обложные и ливневого характера с грозами, резкими перепадами дневных и ночных температур.

В 2020 году среднемесячная температура воздуха в мае месяце была в пределах нормы, июня – ниже нормы на 1,7 градуса, а июля и августа – выше нормы на 1,6 и 1,9 градусов, соответственно.

### 3. ВЛИЯНИЕ ДОЗ ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ И ЗОЛОУГЛЕРОДНОГО ПРЕПАРАТА «АГРОБИОНОВ» НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

#### 3.1 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробиионов» на агрохимические свойства чернозема обыкновенного

**Реакция почвенной среды.** Исследуемый чернозем характеризовался слабощелочной реакцией почвенной среды, в контрольном варианте величина рН в среднем составила 7,5. Дозы внесения препарата «Агробиионов» на фоне 1/10 не способствовали снижению значения рН - 7,4-7,5; получена не существенная разница -  $F_{\phi} < F_{\tau}$  (рисунок 4).

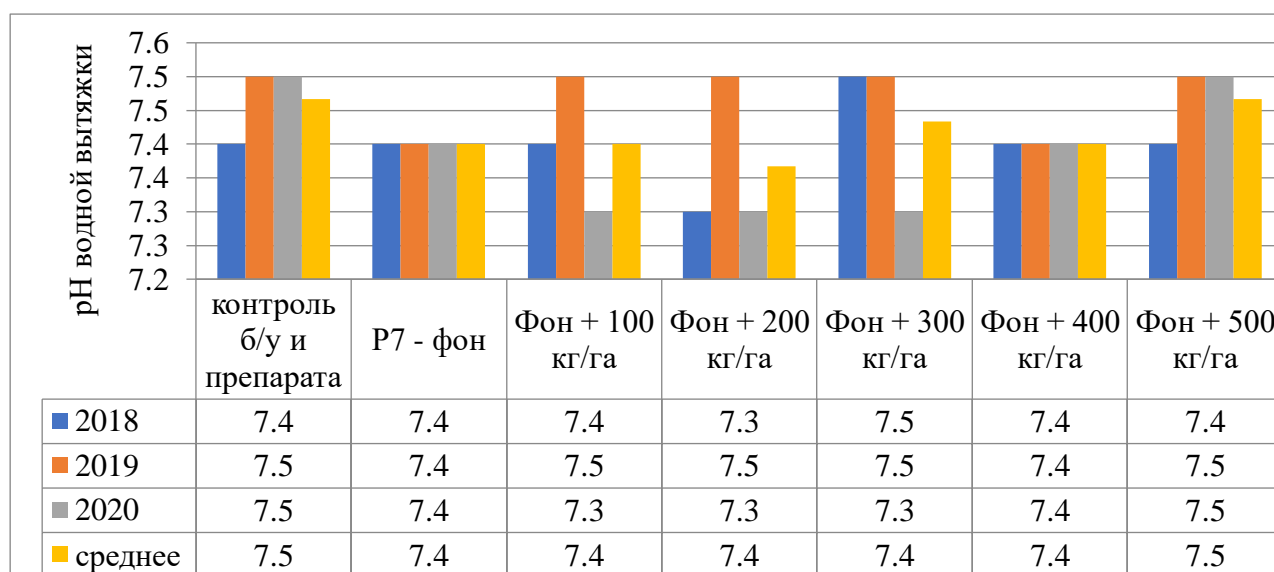


Рисунок 4 – рН водной вытяжки чернозема обыкновенного в зависимости от доз внесения золоуглеродного препарата «Агробиионов», слой 0-40см

Внесение золоуглеродного препарата «Агробиионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения не оказало существенного влияния на величину рН водной вытяжки (7,4-7,5); получена не существенная разница -  $F_{\phi} < F_{\tau}$  - рисунок 5.

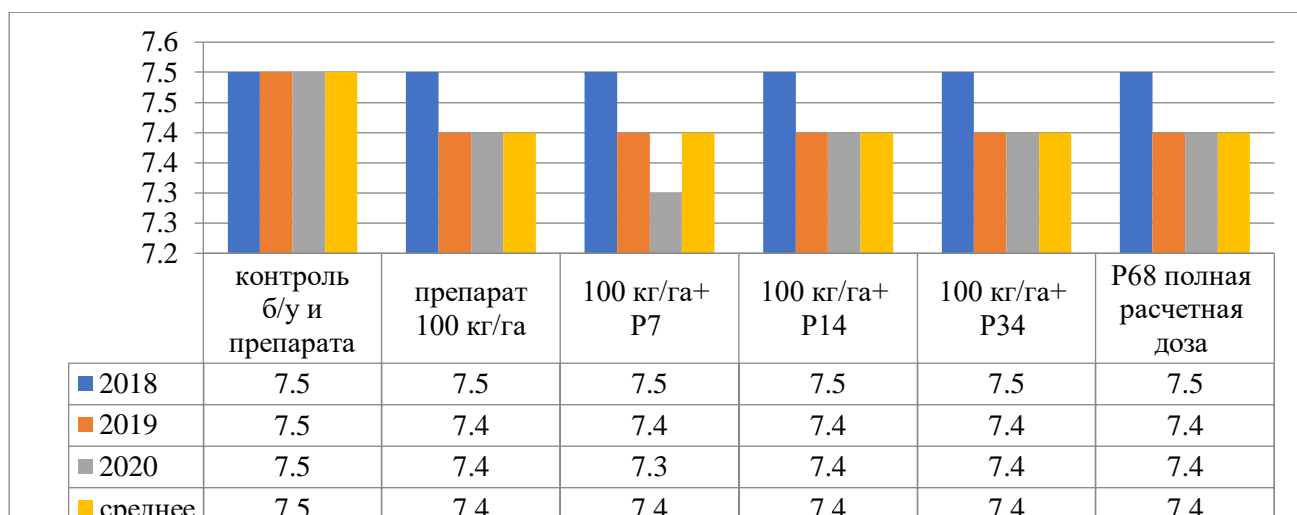


Рисунок 5 - рН водной вытяжки чернозема обыкновенного в зависимости от внесения доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробиионов», слой 0-40 см

**Легкогидролизуемый азот.** В опыте по изучению доз внесения препарата «Агробиионов» в фазу кущения ярового ячменя вегетационного периода 2018 года содержание легкогидролизуемого азота в контроле составило 10 мг/кг, в вариантах P<sub>7</sub> - фон, фон + «Агробиионов» 100 кг/га и фон + «Агробиионов» 200 кг/га, содержание его существенно не отличалось от контроля – 9,3-10,0 мг/кг, а в вариантах с дозами препарата «Агробиионов» 300, 400 и 500 кг/га достоверно возросло до 14,0 мг/кг, 14,5 и 13,2 мг/кг (НСР<sub>05</sub> = 1,2). В условиях 2019 года сложился аналогичный азотный режим питания ярового ячменя. В контроле содержание легкогидролизуемого азота составило 10, мг/кг, в вариантах P<sub>7</sub> - 1/10 (фон), фон + «Агробиионов» 100 кг/га и фон + «Агробиионов» 200 кг/га, содержание его не отличалось от контроля – 9,4-10,1 мг/кг, а в варианте с дозой препарата «Агробиионов» 300, 400 и 500 кг/га достоверно возросло и составило соответственно 12,1 мг/кг 11,9 и 11,9 мг/кг. В острозасушливых условиях 2020 года варианты опыта по содержанию легкогидролизуемого азота существенно не отличались – 9,5–12,0 мг/кг (в контроле 10,6 мг/кг) - таблица 3.

В фазу колошения ярового ячменя вегетационного периода 2018 года по обеспеченности легкогидролизуемым азотом в вариантах опыта наблюдалась такая



Таблица 3 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на обеспеченность чернозема обыкновенного легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором, мг/кг, слой 0-40 см

Вариант	Годы	Обеспеченность макроэлементами по фазам					
		Кущения		колошения		спелости	
		N <sub>легк</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	N <sub>легк</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	N <sub>легк</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг
Контроль - без удобрения и препарата	2018	10,0	5,1	13,0	9,0	6,0	2,7
	2019	10,0	3,5	10,6	3,6	5,3	3,0
	2020	10,6	2,9	13,8	5,5	6,3	9,6
	среднее	10,2	3,8	12,5	6,0	5,9	5,1
P <sub>7</sub> – 1/10 (фон)	2018	9,3	6,0	12,0	9,0	5,9	2,5
	2019	10,1	4,6	10,7	4,4	5,3	2,7
	2020	12,0	3,1	15,3	4,8	4,8	10,2
	среднее	10,5	4,6	12,7	6,1	5,3	5,1
Фон + препарат 100 кг/га	2018	9,5	5,5	12,5	6,0	6,7	2,2
	2019	9,4	4,5	10,0	4,2	4,4	2,2
	2020	9,5	3,5	11,5	5,2	3,3	9,2
	среднее	9,5	4,5	11,3	5,1	4,8	4,5
Фон + препарат 200 кг/га	2018	10,0	5,8	13,0	6,0	6,7	2,5
	2019	9,4	4,3	11,0	4,5	5,5	2,0
	2020	10,5	4,2	12,5	5,7	3,5	10,2
	среднее	10,0	4,8	12,2	5,4	5,2	4,9
Фон + препарат 300 кг/га	2018	14,0	6,1	17,0	9,0	6,6	2,2
	2019	12,1	4,0	13,8	4,2	4,6	2,1
	2020	11,0	4,7	13,0	5,1	3,9	12,8
	среднее	12,4	4,9	14,6	6,1	5,0	5,7
Фон + препарат 400 кг/га	2018	14,5	5,5	15,0	9,0	6,4	2,2
	2019	11,9	4,3	12,5	4,9	5,3	2,1
	2020	11,0	3,0	12,0	5,5	3,9	10,7
	среднее	12,5	4,3	13,2	6,5	5,2	5,0
Фон + препарат 500 кг/га	2018	13,2	5,6	16,0	8,0	6,6	2,3
	2019	11,9	4,1	11,5	4,2	5,8	2,0
	2020	10,2	3,1	12,7	4,6	3,9	9,9
	среднее	11,8	4,3	13,4	5,6	5,4	4,7
НСР <sub>05</sub>		1,2	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>
Коэффициент корреляции (r), при уровне значимости 0,5		0,78	0,51	0,59	0,3	-0,21	-0,4

же закономерность, что и в фазу его кущения. В вариантах P<sub>7</sub> – 1/10 (фон), фон + «Агробионов» 100 кг/га и фон + «Агробионов» 200 кг/га содержание легкогидролизующего азота существенно не отличалось от контроля и составило 12,0-13,0 мг/кг (в контроле 13,0 мг/кг). А в вариантах фон + «Агробионов» 300 и 400 кг/га содержание его достоверно повысилось до 17,0 и 15,0 мг/кг. В условиях 2019 года наблюдалась такая же закономерность, что и в фазу кущения. В вариантах P<sub>7</sub> - 1/10 (фон), фон + «Агробионов» 100 кг/га и фон + «Агробионов» 200 кг/га содержание легкогидролизующего азота существенно не отличалось от контроля и составило 10,0-11,0 мг/кг (в контроле 10,6 мг/кг). А в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га содержание его достоверно возросло до 13,8 мг/кг. В острозасушливых условиях 2020 года варианты опыта по обеспеченности легкогидролизующим азотом существенно не отличались от контроля – 11,5-15,3 мг/кг (в контроле 13,8 мг/кг).

В летний период в фазы кущения и колошения повышение содержания легкогидролизующего азота в почве, при внесении «Агробионов» 300–500 кг/га объясняется активизацией микробиологических процессов в целом и численности нитрификаторов в частности (раздел 3.2.).

В фазу полной спелости ярового ячменя вегетационного периода 2018 года во всех вариантах опыта содержание легкогидролизующего азота в почве значительно снизилось и составило в контроле всего 6,0 мг/кг, в удобренных вариантах значение его существенно не отличалось от контроля – 5,9-6,7 мг/кг. В условиях 2019 года по обеспеченности легкогидролизующим азотом варианты опыта также существенно не отличались – 4,4-5,8 мг/кг (в контроле 5,3 мг/кг). В условиях 2020 года удобренные варианты по содержанию легкогидролизующего азота существенно не отличались от контроля.

В среднем за три года в фазу кущения ярового ячменя в вариантах фон + «Агробионов» 300, 400 и 500 кг/га содержание легкогидролизующего азота было достоверно выше контроля и составило соответственно 12,4 мг/кг, 12,5 и 11,8 мг/кг (в контроле 10,2 мг/кг). Установлена прямая сильная корреляционная связь содержания легкогидролизующего азота в почве от дозы внесения препарата

«Агробионов», коэффициент корреляции ( $r$ ) = 0,76. В фазу колошения ярового ячменя содержание легкогидролизуемого азота в контроле составило 12,5 мг/кг, а в удобренных вариантах разница составила в пределах ошибки опыта 11,3-14,6 мг/кг, но выявлена умеренная корреляционная связь содержания легкогидролизуемого азота в почве от дозы внесения препарата, коэффициент корреляции ( $r$ ) = 0,55. В фазу полной спелости ячменя содержание легкогидролизуемого азота на удобренных вариантах (4,8-5,4 мг/кг) существенно не отличалось от контроля (5,9 мг/кг). В эту фазу дозы препарата «Агробионов» практически не коррелируют с содержанием легкогидролизуемого азота в почве ( $r$  = - 0, 21).

Улучшение азотного режима питания в период вегетации ячменя (фаза кущения и колошения) связано с повышением микробиологической активности почвы и улучшением состава микрофлоры исследуемого чернозема при внесении препарата «Агробионов» в оптимальных дозах 300-500 кг/га (раздел 3.2.). Установлена тесная корреляционная зависимость между микробиологической активностью, составом микрофлоры почвы, а также содержанием легкогидролизуемого азота в почве и дозами препарата.

Следует отметить, что на удобренных вариантах урожайность ярового ячменя была выше, чем в контроле. Следовательно, и вынос питательных элементов, в том числе легкогидролизуемого азота, был выше, чем в контроле. По-видимому, этим и объясняется снижение содержания легкогидролизуемого азота перед уборкой по сравнению с контрольным вариантом.

В условиях 2018 года в опыте по изучению доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» в фазу кущения ячменя обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом в контроле составила 10,0 мг/кг, в варианте препарат «Агробионов» 100 кг/га обеспеченность была на уровне контроля – 10,5 мг/кг; на остальных удобренных вариантах она существенно превышала контрольный вариант - 12,1-13,5 мг/кг, причем, с увеличением дозы внесения фосфорного удобрения от  $P_7$  до  $P_{68}$  она возросла с 12,1 мг/кг до 13,5 мг/кг. В условиях 2019 года по обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом была

такая же закономерность: в контроле – 9,0 мг/кг, а в удобренных вариантах была существенно выше 10,7-12,5 мг/кг. В острозасушливых условиях 2020 года содержание легкогидролизуемого азота на удобренных вариантах существенно не отличалось от контроля и составило 10,8-12,1 мг/кг (в контроле – 11,6 мг/кг); исключение составил вариант P<sub>68</sub>, где содержание легкогидролизуемого азота составило 13,0 мг/кг, что выше контроля на 1,4 мг/кг.

В фазу колошения ярового ячменя 2018 года на удобренных вариантах обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом была достоверно выше контроля и составила 30,0-31,5 мг/кг (в контроле – 23,0 мг/кг). В условиях 2019 года содержание легкогидролизуемого азота в контроле составила 11,0 мг/кг, на удобренных вариантах выше 13,0-18,0 мг/кг, но эта разница была в пределах ошибки опыта. В засушливых условиях 2020 года содержание легкогидролизуемого азота на удобренных вариантах существенно не отличалось от контроля и 15,0-20,0 мг/кг (в контроле - 14,3 мг/кг).

В фазу полной спелости ярового ячменя в условиях 2018 года содержание легкогидролизуемого азота в контроле составило 5,5 мг/кг, в вариантах препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub>, P<sub>34</sub> и P<sub>68</sub> содержание его было существенно выше контроля 7,0 мг/кг, 7,2 и 8,5 мг/кг. В условиях 2019 года содержание легкогидролизуемого азота в вариантах препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub>, «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> и «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>68</sub> также было выше – 6,5-7,3 мг/кг (в контроле – 5,0 мг/кг), но разница была в пределах ошибки опыта ( $F_{\phi} < F_T$ ). В острозасушливых условиях 2020 года содержание легкогидролизуемого азота на удобренных вариантах также существенно не отличалось от контроля (таблица 4).

В среднем за три года в фазу кущения ярового ячменя содержание легкогидролизуемого азота в почве в контроле составило 10,2 мг/кг. В вариантах внесения препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения от P<sub>7</sub> до P<sub>68</sub> содержание его повысилось от 11,3 до 13,0 мг/кг. Определена прямая очень сильная корреляционная связь между этими показателями, коэффициент корреляции ( $r$ ) = 0,92. В фазу колошения ячменя на удобренных вариантах

содержание легкогидролизуемого азота в почве существенно не отличалось от контроля – 18,3-22,3 мг/кг, (в контроле – 16,1 мг/кг). Но, с повышением дозы фосфора, наблюдалась тенденция возрастания содержания легкогидролизуемого азота в почве: выявлена прямая сильная корреляционная связь содержания легкогидролизуемого азота в почве от дозы внесения фосфорного удобрения, коэффициент корреляции ( $r$ ) = 0,72. В фазу полной спелости ячменя на удобренных вариантах обеспеченность легкогидролизуемым азотом существенно не отличалась от контроля - 5,0-6,3 мг/кг (в контроле – 5,6 мг/кг). Но с увеличением дозы внесения фосфорных удобрений от  $P_7$  до  $P_{68}$  наблюдалась тенденция повышения содержания легкогидролизуемого азота от 5,2 мг/кг до 6,3 мг/кг; установлена прямая весьма сильная корреляционная связь между этими показателями, коэффициент корреляции ( $r$ ) = 0,83. По-видимому, улучшение питательного режима почвы, с увеличением дозы фосфорного удобрения объясняется оптимизацией соотношения азота и фосфора в почве, что играет важную роль в формировании урожая ячменя.

**Подвижный фосфор.** В условиях 2018 года в опыте по изучению доз внесения препарата в фазу кущения ярового ячменя в контрольном варианте содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) составило 5,1 мг/кг, в удобренных вариантах содержание  $P_2O_5$  существенно не отличалось от контроля и составило мг/кг 5,5-6,1 мг/кг. В условиях 2019 года содержание  $P_2O_5$ , в зависимости от дозы препарата «Агробионов» также существенно не отличалось от контроля, и составило 4,0-4,5 мг/кг (в контроле 3,5 мг/кг). В острозасушливых условиях 2020 года обеспеченность  $P_2O_5$  в контроле была низкая 2,9 мг/кг, а в вариантах фон + препарат «Агробионов» 200 кг/га, 300, 400 и 500 кг/га была выше и составила 4,2-5,0 мг/кг, но в пределах ошибки опыта (таблица 3).

В фазу колошения ярового ячменя в условиях 2018 года варианты опыта по содержанию  $P_2O_5$  существенно не отличались от контроля – 8,0-9,0 мг/кг (в контроле – 9,0 мг/кг). В условиях 2019 года между вариантами опыта также существенной разницы не установлено, обеспеченность подвижным фосфором в контроле составила 3,6 мг/кг; в удобренных препаратом вариантах – 4,2-4,9 мг/кг.

В острозасушливых условиях 2020 года обеспеченность подвижным фосфором была низкой, в удобренных вариантах она существенно не отличалась от контроля – 4,2-5,7 мг/кг (в контроле – 5,5 мг/кг).

Таблица 4 – Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на обеспеченность чернозема обыкновенного легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором, мг/кг, слой 0-40 см

Вариант	Годы	Фенологические фазы развития ячменя					
		кущения		колошения		полной спелости	
		N <sub>легк</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	N <sub>легк</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	N <sub>легк</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг
Контроль - без удобрения и препарата	2018	10,0	5,1	23,0	14,0	5,5	1,4
	2019	9,0	3,8	11,0	2,1	5,0	3,3
	2020	11,6	4,4	14,3	5,4	6,3	9,6
	среднее	10,2	4,4	16,1	7,2	5,6	4,8
Препарат Агробионов 100кг/га	2018	10,5	7,2	27,0	18,0	5,8	2,1
	2019	10,0	4,3	13,0	2,5	5,7	4,0
	2020	10,8	4,6	15,0	6,0	3,4	10,1
	среднее	10,4	5,4	18,3	8,8	5,0	5,4
Агробионов 100 кг/га +P <sub>7</sub>	2018	12,1	6,5	30,0	20,0	6,2	2,8
	2019	10,7	6,0	15,0	2,8	6,0	4,2
	2020	11,0	5,0	16,0	3,0	3,5	10,3
	среднее	11,3	5,8	20,3	8,6	5,2	5,8
Агробионов 100 кг/га + P <sub>14</sub>	2018	12,5	6,8	31,0	19,0	7,0	3,0
	2019	11,3	5,5	17,0	3,0	6,5	4,5
	2020	11,5	5,5	18,0	3,1	4,1	10,7
	среднее	11,8	5,9	22,0	8,4	5,9	6,1
Агробионов 100 кг/га + P <sub>34</sub>	2018	13,0	7,0	31,5	19,5	7,2	3,2
	2019	11,9	6,1	17,3	2,9	6,8	4,3
	2020	12,1	7,0	18,2	3,5	3,9	6,6
	среднее	12,3	6,7	22,3	8,6	6,0	4,7
P <sub>68</sub> – полная расчетная доза	2018	13,5	7,3	29,2	21,0	8,5	4,0
	2019	12,5	6,5	18,0	3,5	7,3	4,9
	2020	13,0	7,3	20,0	4,0	3,2	6,2
	среднее	13,0	7,0	22,4	9,5	6,3	5,0
НСР <sub>05</sub>		0,8	0,9	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	7,7	1,5	3,0
коэфф.кор.при уровне значимости 05		0,92	0,85	0,67	0,69	0,83	-0,35

В 2018 году в фазу полной спелости ярового ячменя содержание подвижного фосфора в контроле снизилось до 2,7 мг/кг, в вариантах с дозами внесения препарата 100-500 кг/га оно существенно не отличалось от контроля 2,0-2,3 мг/кг. В условиях 2019 года содержание подвижного фосфора в контроле составило 3,0 мг/кг. На вариантах внесения препарата «Агробионов» 100-500 мг/кг содержание подвижного фосфора также существенно не отличалось от контроля 2,0-2,2 мг/кг. В острозасушливых условиях 2020 года содержание подвижного фосфора в контроле составило 9,6 мг/кг. В удобренных вариантах оно существенно не отличалось от контроля 9,2-12,8 мг/кг.

В среднем за 3 года в фазу кущения ярового ячменя в контрольном варианте содержание подвижного фосфора было очень низким 3,8 мг/кг, внесение препарата «Агробионов» не оказало существенного влияния на обеспеченность почвы  $P_2O_5$  – 4,3-4,9 мг/кг. В фазу колошения ячменя по содержанию  $P_2O_5$  варианты опыта существенно не отличались от контроля 5,1-6,5 мг/кг (в контроле – 6,0 мг/кг). В фазу полной спелости ячменя содержание  $P_2O_5$  в контроле составило 5,1 мг/кг, дозы внесения препарата не оказали существенного влияния на обеспеченность почвы  $P_2O_5$  – 4,5-5,7 мг/кг (таблица 3).

В условиях 2018 года в опыте по изучению доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» в фазу кущения ярового ячменя содержание  $P_2O_5$  в контроле составило 5,1 мг/кг, а в удобренных вариантах препарат «Агробионов» 100 кг/га, «Агробионов» +  $P_{14}$ , «Агробионов» +  $P_{34}$  и  $P_{68}$  содержание его существенно было выше контроля и составило соответственно 7,2 мг/кг, 6,8, 7,0 и 7,3 мг/кг. В условиях 2019 года содержание  $P_2O_5$  в контроле составило 3,8 мг/кг, а в вариантах, где вносились фосфорные удобрения в дозах от  $P_7$  до  $P_{68}$  его содержание повысилось до 6,0 мг/кг, 5,5, 6,1 и 6,5 мг/кг. В острозасушливых условиях 2020 года содержание  $P_2O_5$  составило в контроле 4,4 мг/кг, а в вариантах препарат «Агробионов» 100 кг/га +  $P_{14}$ , «Агробионов» 100 кг/га +  $P_{34}$  и  $P_{68}$  обеспечили повышение содержания  $P_2O_5$  в почве до 5,5, 7,0 и 7,3 мг/кг (таблица 4).

В фазу колошения ярового ячменя в условиях 2018 года в удобренных вариантах содержание подвижного фосфора существенно не отличалось от контроля 18,0 – 21,0 мг/кг (в контроле – 14,0 мг/кг). В условиях 2019 и 2020 годов содержание  $P_2O_5$  на удобренных вариантах также существенно не отличалось от контроля 2,5-3,5 мг/кг и 3,0-6,0 мг/кг (в контроле 2,1 мг/кг и 5,4 мг/кг).

В фазу полной спелости ячменя в условиях 2018 года содержание  $P_2O_5$  было очень низким, в контроле 1,4 мг/кг, а в удобренных вариантах оно существенно не отличалась 2,1-4,0 мг/кг. В условиях 2019 и 2020 годов варианты опыта существенно не отличались от контроля 3,3 и 9,6 мг/кг и составило 4,0-4,9 мг/кг и 10,1-10,7 мг/кг.

В среднем за три года содержание  $P_2O_5$  в фазу кущения ярового ячменя в контроле составило 4,4 мг/кг, в удобренных вариантах содержание его повысилось до 5,8 и 7,0 мг/кг. Оптимальный фосфорный режим установился в вариантах «Агробионов 100 кг/га +  $P_{34}$  и  $P_{68}$  – 6,7 и 7,0 мг/кг. Установлена прямая весьма сильная корреляционная связь содержания подвижного фосфора в почве от дозы внесения фосфорного удобрения, коэффициент корреляции  $r = 0,85$ . В фазу колошения ячменя по обеспеченности фосфором варианты опыта существенно не отличались от контроля 8,4-9,5 мг/кг (в контроле 7,2 мг/кг). Однако, с возрастанием дозы фосфорного удобрения наблюдалась тенденция повышения содержания подвижного фосфора. Определена прямая сильная корреляционная связь содержания подвижного фосфора в почве от дозы внесения фосфорного удобрения, коэффициент корреляции  $r = 0,69$ . В фазу полной спелости варианты опыта по обеспеченности почвы  $P_2O_5$  существенно не отличались от контроля 4,4-6,1 мг/кг (в контроле – 4,8 мг/кг).

**Обменный калий.** Содержание обменного калия в исследуемом черноземе составило 480 мг/кг, то есть обеспеченность почвы  $K_2O$ , согласно группировке Мачигина, была высокой. Калийное питание ячменя не является лимитирующим фактором формирования урожая. Дозы внесения золоуглеродного препарата агробионов и фосфорного удобрения в опытах не оказали существенного влияния на содержание обменного калия.



**Баланс питательных элементов.** Расчеты баланса содержания легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора в черноземе обыкновенном при внесении различных доз золоуглеродного препарата «Агробионов» и фосфорного удобрения показали, что вынос легкогидролизуемого азота в среднем за три года в контроле составил 22,5 кг/га (5,1 мг/кг). С увеличением дозы препарата «Агробионов» от 100 до 300 кг/га и соответствующим возрастанием урожайности, вынос азота возрос с 24,9 кг/га (5,6 мг/кг) до 30,9 кг/га (7,0 мг/кг). Наибольший вынос азота отмечен в варианте фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га – 30,9 кг/га (7,0 мг/кг).

Внесение доз препарата «Агробионов» способствовало повышению общих запасов легкогидролизуемого азота в почве, содержание их составило в среднем в контроле 48,3 кг/га (11,0 мг/кг), а в удобренных вариантах запасы его повысились от 51,4 кг/га (11,7 мг/кг) до 54,6 кг/га (12,1 мг/кг). Наибольшие запасы легкогидролизуемого азота содержались в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га 54,6 кг/га (12,1 мг/кг). Установлена прямая сильная корреляционная связь общих запасов легкогидролизуемого азота в почве с дозами внесения препарата: коэффициент корреляции:  $r = 0,74$ .

Увеличение содержания легкогидролизуемого азота в удобренных вариантах используется в возросшем урожае ячменя, то есть, возрастает его вынос. Соответственно достоверно повышался коэффициент использования из почвы (КИП) легкогидролизуемого азота, в вариантах с дозами внесения «Агробионова» от 100 до 400 кг/га - до 56 - 59 % (в контроле – 47 %). Установлена прямая сильная корреляционная связь коэффициента использования почвенного азота с дозами внесения препарата «Агробионов»:  $r = 0,65$  (таблица 5).

Повышение запасов легкогидролизуемого азота в почве и КИП при внесении золоуглеродного препарата «Агробионов» связано с активизацией микробиологических процессов, в частности, с возрастанием численности группы нитрифицирующих микроорганизмов (раздел 3.2).

В опыте по изучению доз фосфорного удобрения в контроле и в варианте «Агробионов» 100 кг/га вынос легкогидролизуемого азота с урожаем в среднем

составил 17,9 кг/га (4,1 мг/кг) и 19,8 кг/га (4,5 мг/кг) соответственно. В удобренных

Таблица 5 – Влияние доз внесения препарата «Агробиионов» на общие запасы легкогидролизуемого азота в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя

№ варианта	Вынос легкогидр. азота, кг/га /мг/кг				Общие запасы легкогидр. Азота в почве кг/га /мг/кг				Коэффициент использования почвенного азота (КИП)			
	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред
1	<u>28,4</u> 6,5	<u>15,4</u> 3,5	<u>23,7</u> 5,4	<u>22,5</u> 5,1	<u>54,8</u> 12,5	<u>38,8</u> 8,8	<u>51,4</u> 11,7	<u>48,3</u> 11,0	52	40	46	47
2	<u>28,8</u> 6,6	<u>19,2</u> 4,4	<u>26,6</u> 6,0	<u>24,9</u> 5,7	<u>55,0</u> 12,5	<u>42,7</u> 9,7	<u>47,5</u> 10,8	<u>48,4</u> 11,0	53	45	56	51
3	<u>38,7</u> 8,8	<u>21,4</u> 4,9	<u>30,5</u> 6,9	<u>30,2</u> 6,9	<u>68,2</u> 15,5	<u>40,9</u> 9,3	<u>44,9</u> 10,2	<u>51,4</u> 11,7	57	53	68	59
4	<u>36,9</u> 8,4	<u>20,6</u> 4,7	<u>31,5</u> 7,2	<u>29,7</u> 6,7	<u>66,4</u> 15,1	<u>44,9</u> 10,2	<u>47,1</u> 10,7	<u>52,8</u> 12,0	56	46	67	56
5	<u>37,9</u> 8,6	<u>22,7</u> 5,2	<u>32,1</u> 7,3	<u>30,9</u> 7,0	<u>66,9</u> 15,2	<u>43,1</u> 9,8	<u>49,3</u> 11,2	<u>54,6</u> 12,1	57	53	65	58
6	<u>39,1</u> 8,9	<u>20,8</u> 4,7	<u>25,8</u> 5,9	<u>28,6</u> 6,5	<u>67,3</u> 15,3	<u>44,0</u> 10,0	<u>43,1</u> 14,7	<u>51,4</u> 11,7	58	47	60	56
7	<u>39,6</u> 9,0	<u>19,0</u> 4,3	<u>22,4</u> 5,1	<u>27,0</u> 6,1	<u>68,6</u> 15,6	<u>44,4</u> 10,1	<u>39,6</u> 9,0	<u>51,0</u> 11,6	58	43	57	53
НСР <sub>05</sub>	7,1				5,5				7,3			
r	0,31				0,74				0,65			

вариантах, в связи с увеличением урожайности, увеличился вынос легкогидролизуемого азота до 22,8-27,2 кг/га (5,2-6,2 мг/кг) - таблица 6.

Общие запасы легкогидролизуемого азота в почве в удобренных вариантах с возрастанием выноса питательных элементов возросли от 46,6 кг/га (10,6 мг/кг) до 53,2 кг/га (12,1 мг/кг). Наибольшие запасы легкогидролизуемого азота в почве установлены в варианте препарат «Агробиионов» 100 кг/га + ½ P – 53,2 кг/га или 12,1 мг/кг. (в контроле – 42,2 кг/га/ 9,6 мг/кг). Установлена прямая весьма сильная корреляционная связь запасов легкогидролизуемого азота в почве с дозами фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил  $r = 0,88$ .

В удобренных вариантах коэффициент использования почвенного легкогидролизующего азота существенно не отличался от контроля 47-51 % (в контроле 41 %).

Таблица 6 – Влияние доз внесения фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробиионов» на запасы легкогидролизующего азота в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя

№ варианта	Вынос легкогидр. азота, кг/га, /мг/кг				Общие запасы легкогидр. азота в почве кг/га, /мг/кг				Коэффициент использования почвенного азота			
	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред
1	<u>15,9</u> 3,6	<u>15,4</u> 3,5	<u>22,2</u> 5,0	<u>17,9</u> 4,1	<u>40,0</u> 9,1	<u>37,5</u> 8,5	<u>49,7</u> 11,3	<u>42,2</u> 9,6	39	41	44	41
2	<u>16,9</u> 3,8	<u>17,9</u> 4,1	<u>24,7</u> 5,6	<u>19,8</u> 4,5	<u>42,2</u> 9,6	<u>43,1</u> 9,8	<u>39,6</u> 9,0	<u>41,8</u> 9,5	40	42	62	48
3	<u>23,9</u> 5,4	<u>18,8</u> 4,3	<u>28,2</u> 6,4	<u>23,6</u> 5,4	<u>51,0</u> 11,6	<u>45,3</u> 10,3	<u>43,6</u> 9,9	<u>46,6</u> 10,6	47	42	65	51
4	<u>20,6</u> 4,7	<u>19,4</u> 4,4	<u>28,6</u> 6,5	<u>22,9</u> 5,2	<u>51,5</u> 11,7	<u>48,0</u> 10,9	<u>46,6</u> 10,6	<u>48,8</u> 11,1	40	40	61	47
5	<u>29,7</u> 6,7	<u>21,8</u> 5,0	<u>30,1</u> 6,8	<u>27,2</u> 6,2	<u>61,2</u> 13,9	<u>51,9</u> 11,8	<u>47,0</u> 10,7	<u>53,2</u> 12,1	48	42	64	51
6	<u>20,6</u> 4,7	<u>18,9</u> 4,3	<u>28,8</u> 6,6	<u>22,8</u> 5,2	<u>58,1</u> 13,2	<u>51,0</u> 11,6	<u>43,1</u> 9,8	<u>50,6</u> 11,5	36	37	67	47
НСР <sub>05</sub>	1,1 мг/кг				1,3 мг/кг				12,8 %			
r	0,49				0,75				0,21			

Как было указано выше, внесение препарата «Агробиионов» способствовало улучшению азотного режима почвы, а фосфорного режима – за счет фонового внесения суперфосфата. При этом вынос подвижного фосфора из почвы в среднем за три года в контроле составил 8,8 кг/га или 2,0 мг/кг. При внесении препарата «Агробиионов» в дозах 100-500 кг/га вынос подвижного фосфора, в связи с возрастанием урожайности, повысился и составил в пределах 9,7-12,00 кг/га или 2,2-2,7 мг/кг; наибольший вынос подвижного фосфора отмечен в

варианте фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га – 12,00 кг/га или 2,7 мг/кг (таблица 7).

При уровне урожайности зерна ячменя на удобренных вариантах в пределах 13-15 ц/га, доза внесения фосфорного удобрения 6,8 кг/га д.в. (1/10 P) не обеспечила положительный баланс фосфора в почве. Он составил в пределах -3,5 кг/га (-0,8 мг/кг), -4,8 кг/га (-1,1 мг/кг), баланс P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в контроле составил -8,8 кг/га/ (-2,0 мг/кг).

Общие запасы фосфора в почве в удобренных вариантах существенно не отличались - 38,7-44,0 кг/га (8,8-10,0 мг/кг) от контроля 31,2 кг/га (7,1 мг/кг). Но, установлена прямая умеренная корреляционная связь общих запасов фосфора в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $r = 0,46$ .

Значение коэффициента использования почвенного (КИП) фосфора в контроле составило 28, в вариантах доз внесения «Агробионов» существенно не отличался от контроля, составил в пределах 27-31 %.

Внесение доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» 100 кг/га оказало существенное влияние на баланс подвижного фосфора. Вынос подвижного фосфора в контроле составил 6,9 кг/га (1,6 мг/кг), а на удобренных вариантах существенно не отличался от контроля – 8,9 кг/га (2,0 мг/кг) – 10,6 кг/га (2,4 мг/кг). Установлена слабая корреляционная связь выноса подвижного фосфора из почвы с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции  $r = 0,41$  (таблица 8).

Положительный баланс подвижного фосфора обеспечили варианты препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub> расчетной дозы, в среднем составил 5,3 кг/га (1,2 мг/кг), препарат «Агробионов» 100 кг + P<sub>34</sub> расчетной дозы – 23,3 кг/га (5,3 мг/кг) и P<sub>68</sub> – 59,0 кг/га (13,4 мг/кг). Установлена прямая очень сильная корреляционная связь баланса подвижного фосфора с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции  $r = 0,99$ .

Совместное внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» с дозами фосфорного удобрения способствовало повышению общего запаса фосфора от

41,8 кг/га (9,5 мг/кг) до 98,6 кг/га (22,4 мг/кг); в контроле 28,2 кг/га или 6,4 мг/кг. Установлена прямая очень сильная корреляционная связь общих запасов фосфора в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции  $r = 0,99$ .

Наблюдалась тенденция снижения КИП с увеличением дозы фосфорного удобрения. Установлено достоверное снижение КИП в вариантах фон + P<sub>17</sub> – 18%, P<sub>34</sub> – 16 % и P<sub>68</sub> – 9 % (в контроле 25 %). Установлена обратная очень сильная корреляционная связь величины КИП фосфора с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции  $r = - 0,91$ .

Органический углерод и общий азот. Содержание органического углерода в почве после уборки в контрольном варианте составило 332 мг/кг. Дозы внесения золоуглеродного препарата «Агробионов» не оказали существенного влияния на содержание органического углерода в почве и составили 332 – 348 мг/кг. Однако, установлена весьма сильная корреляционная связь содержания органического углерода в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции  $r = 0,81$  (таблица 9).

Содержание общего азота в почве в контроле составило 41,5 мг/кг, внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» не способствовало существенному повышению общего азота в почве - 43,0-43,7 мг/кг. Установлена очень тесная корреляционная связь содержания общего азота в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции  $r = 0,90$ .

Г.П. Гамзиков, (2013) отмечает, что количество азота на единицу углерода (C:N) в пахотном слое черноземных почв установлено 9,6 [186]. В нашем опыте соотношение содержания органического углерода к общему азоту в почве в контрольном варианте составило 8,0; на удобренных вариантах это соотношение существенно не изменилось и составило в пределах 7,7-8,0. Относительно низкое соотношение C:N в исследуемой почве указывает на снижение запасов органического вещества в ней.

Таблица 7 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на баланс подвижного фосфора в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя

Вариант	Вынос подвижного фосфора, кг/га /мг/кг				Баланс подвижного фосфора кг/га /мг/кг				Общие запасы фосфора в почве, кг/га /мг/кг				Коэффициент использования почвенного фосфора, %			
	2018	2019	2020	средне е	2018	2019	2020	средн ее	2018	2019	2020	сред нее	2018	2019	2020	средн ее
1	<u>11,0</u> 2,5	<u>6,0</u> 1,4	<u>9,2</u> 2,1	<u>8,8</u> 2,0	<u>-11,</u> -2,5	<u>-6,2</u> -1,4	<u>-9,2</u> -2,1	<u>-8,8</u> -2,0	<u>22,9</u> 5,2	<u>19,4</u> 4,4	<u>51,5</u> 11,7	<u>31,2</u> 7,1	48	32	18	28
2	<u>11,2</u> 2,6	<u>7,4</u> 1,7	<u>10,3</u> 2,4	<u>9,7</u> 2,2	<u>-4,4</u> -1,0	<u>-0,4</u> -0,1	<u>-3,5</u> -0,8	<u>-2,6</u> -0,6	<u>29,5</u> 6,7	<u>26,4</u> 6,0	<u>62,5</u> 14,2	<u>39,2</u> 8,9	39	28	17	25
3	<u>15,0</u> 3,4	<u>8,3</u> 1,9	<u>11,8</u> 2,7	<u>11,7</u> 2,7	<u>-7,9</u> -1,8	<u>-1,3</u> -0,3	<u>-4,8</u> -1,1	<u>-4,8</u> -1,1	<u>31,7</u> 7,2	<u>25,1</u> 5,7	<u>59,4</u> 13,5	<u>38,7</u> 8,8	47	33	20	31
4	<u>14,3</u> 3,2	<u>8,0</u> 1,8	<u>12,2</u> 2,8	<u>11,5</u> 2,6	<u>-7,0</u> -1,6	<u>-0,9</u> -0,2	<u>-5,3</u> -1,2	<u>-4,4</u> -1,0	<u>32,1</u> 7,3	<u>23,8</u> 5,4	<u>64,2</u> 14,6	<u>40,0</u> 9,1	44	33	19	29
5	<u>14,7</u> 3,4	<u>8,8</u> 2,0	<u>12,4</u> 2,8	<u>12,</u> 2,7	<u>-7,9</u> -1,8	<u>-1,8</u> -0,9	<u>-5,3</u> -1,2	<u>-4,8</u> -1,1	<u>31,7</u> 7,2	<u>25,1</u> 5,7	<u>73,0</u> 16,6	<u>44,0</u> 10,0	47	35	17	27
6	<u>15,2</u> 3,4	<u>8,1</u> 1,8	<u>10,0</u> 2,3	<u>11,1</u> 2,5	<u>-7,9</u> -1,8	<u>-0,9</u> -0,2	<u>-3,1</u> -0,7	<u>-4,0</u> -0,9	<u>31,7</u> 7,2	<u>24,2</u> 5,5	<u>64,2</u> 14,6	<u>40,0</u> 9,1	47	33	16	27
7	<u>15,4</u> 3,5	<u>7,4</u> 1,7	<u>8,7</u> 2,0	<u>10,5</u> 2,4	<u>-8,4</u> -1,9	<u>-0,4</u> -0,1	<u>-1,8</u> -0,4	<u>-3,5</u> -0,8	<u>32,6</u> 7,4	<u>23,3</u> 5,3	<u>59,4</u> 13,5	<u>38,3</u> 8,7	47	32	15	28
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{\tau}$				$F_{\phi} < F_{\tau}$				$F_{\phi} < F_{\tau}$				$F_{\phi} < F_{\tau}$			
r	0,63				0,40				0,46				0,01			

В данном разделе указывалось, что внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» в почву способствовало повышению содержания легкогидролизуемого азота в ней. Оптимизацию азотного режима питания черноземных почв Г.П. Гамзиков объясняет улучшением состава микрофлоры в них.

Таблица 8 – Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на баланс подвижного фосфора в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя

Вариант	Вынос подвижного фосфора, кг/га / мг/кг				Баланс подвижного фосфора мг/кг/ мобилиз. Фосфора кг/га / мг/кг				Общие запасы фосфора в почве, кг/га / мг/кг				Коэффициент использования почвенного фосфора, %			
	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред	2018	2019	2020	сред
1	<u>6,2</u> 1,4	<u>6,0</u> 1,4	<u>8,6</u> 2,0	<u>6,9</u> 1,6	<u>-6,2</u> -1,4	<u>-6,2</u> -1,4	<u>-8,8</u> -2,0	<u>-6,9</u> -1,6	<u>12,3</u> 2,8	<u>20,7</u> 4,7	<u>51,0</u> 11,6	<u>28,2</u> 6,4	50	30	17	32
2	<u>6,5</u> 1,5	<u>7,0</u> 1,6	<u>9,6</u> 2,2	<u>7,7</u> 1,8	<u>-6,6</u> -1,5	<u>-7,0</u> -1,6	<u>-9,7</u> -2,2	<u>-8,8</u> -1,8	<u>15,8</u> 3,6	<u>24,6</u> 5,6	<u>54,1</u> 12,3	<u>31,7</u> 7,2	42	29	18	30
3	<u>9,3</u> 2,1	<u>7,3</u> 1,7	<u>11,0</u> 2,5	<u>9,2</u> 2,1	<u>-2,2</u> -0,5	<u>-0,4</u> -0,1	<u>-4,0</u> -0,9	<u>-2,2</u> -0,5	<u>28,6</u> 6,5	<u>33,0</u> 7,5	<u>63,4</u> 14,4	<u>41,8</u> 9,5	32	23	17	24
4	<u>8,0</u> 1,8	<u>7,5</u> 1,7	<u>11,1</u> 2,5	<u>8,9</u> 2,0	<u>6,2</u> 1,4	<u>6,6</u> 1,5	<u>3,1</u> 0,7	<u>5,1</u> 1,2	<u>35,2</u> 8,0	<u>41,3</u> 9,4	<u>72,2</u> 16,4	<u>49,7</u> 11,3	23	18	15	18
5	<u>11,5</u> 2,6	<u>8,4</u> 1,9	<u>11,7</u> 2,7	<u>10,6</u> 2,4	<u>22,4</u> 5,1	<u>25,5</u> 5,8	<u>22,0</u> 5,0	<u>23,3</u> 5,3	<u>59,4</u> 13,5	<u>61,2</u> 13,9	<u>74,8</u> 17,0	<u>65,1</u> 14,8	19	14	16	16
6	<u>8,0</u> 1,8	<u>7,4</u> 1,7	<u>11,2</u> 2,6	<u>8,9</u> 2,0	<u>59,8</u> 13,6	<u>60,2</u> 13,7	<u>56,3</u> 12,8	<u>59,0</u> 13,3	<u>93,3</u> 21,2	<u>96,8</u> 22,0	<u>106,5</u> 24,2	<u>98,6</u> 22,4	8	8	11	9
НСР <sub>05</sub> (мг/кг)	$F_{\phi} < F_T$				0,4 $F_{\phi} > F_T$				3,3 $F_{\phi} > F_T$				7,9 $F_{\phi} > F_T$			
r	0,46				0,99				0,99				-0,91			



Таблица 9 – Содержание органического углерода и общего азота в черноземе обыкновенном, в зависимости от доз внесения препарата «Агробиионов», 2020 год, после уборки урожая

№	Варианты	Органи- ческий углерод, мг/кг	Отклонение от контроля		Общий азот, мг/кг	Отклонение от контроля		C/N
			мг/кг	%		мг/кг	%	
1.	Контроль	332	-	-	41,5	-	-	8,0
2.	P 1/10 – фон	332	0,0	0,0	42,0	0,5	1,2	7,9
3.	фон+ препарат 100 кг/га	333	0,5	0,15	42,0	0,5	1,20	7,9
4.	Фон + препарат 200	333	1,0	0,30	43,0	1,5	3,61	7,7
5.	Фон + препарат 300	335	3,0	0,90	43,7	2,2	5,30	7,7
6.	Фон + препарат 400	336	4,0	1,20	43,7	2,2	5,30	7,7
7.	Фон+ препарат 500 кг/га	348	16,0	4,8	43,5	2,0	4,82	8,0
	Коэф.корреляции r	0.81			0.90			
	Уравнение регрессии	лин.	$Y=0,026x+329,67$		$Y=0,0045x+41,77$			

### 3.2 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробиионов» на микрофлору чернозема обыкновенного

Состав микрофлоры почвы. Микроорганизмы играют огромную роль в сохранении и повышении плодородия почв. Они участвуют в процессе минерализации органических веществ, повышают обеспеченность почвы элементами питания [183].

В нашем опыте минеральное удобрение (суперфосфат двойной гранулированный) применялось с добавлением золоуглеродного препарата «Агробиионов», который улучшил азотный режим питания за счет мобилизации почвенного азота путем активизации микробиологических процессов в почве.

Исследования показали, что внесение «Агробиионов» в почву оказывало существенное влияние на состав микрофлоры. В частности, под влиянием

препарата «Агробионов» отмечалось возрастание численности бактерий, утилизирующих органические соединения азота в 2018 году от 43,6 до 96,5 млн. КОЕ/г (в контроле 24,9 млн. КОЕ/г); в 2019 году от 23,8 до 31,2 млн. КОЕ/г (в контроле 21,6 млн. КОЕ/г); в 2020 году от 24,6 до 33,9 млн. КОЕ/г (в контроле 22,1 млн. КОЕ/г). Следует отметить, что в засушливых 2019 и 2020 гг. численность бактерий, утилизирующих органические соединения азота была существенно ниже, чем в благоприятном по условиям увлажнения 2018 году. Подобная закономерность отмечалась по другим группам микроорганизмов, в частности, микроорганизмы, потребляющие азот; олигонитрофилы; фосфоромобилизующие; целлюлозоразлагающие микроорганизмы и нитрификаторы. Соответственно, снизилось и общее количество микроорганизмов.

Но в среднем за три года численность этих бактерий возросла от 33,9 до 53,7 млн. КОЕ/г; существенное увеличение численности бактерий, утилизирующих органические соединения азота получено в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 53,7 млн. КОЕ/га (в контроле 22,9 млн. КОЕ/г), то есть возросло на 134,7 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь численности бактерий, утилизирующих органические соединения азота с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,54 (таблица 10).

Установлено также возрастание численности микроорганизмов, потребляющих азот в 2018 году от 37,2 до 58,5 млн. КОЕ/г (в контроле 20,6 млн. КОЕ/г); в 2019 году от 16,0 до 22,1 млн. КОЕ/г (в контроле 14,1 млн. КОЕ/г), в 2020 году от 17,1 до 24,3 млн. КОЕ/г (в контроле 14,8 млн. КОЕ/г) и в среднем за три года от 26,5 до 35,0 млн. КОЕ/г (в контроле 16,5 млн. КОЕ/г). Существенное увеличение численности групп микроорганизмов, потребляющих азот установлена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 35,0 млн. КОЕ/г, что выше контроля на 118,8 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь численности групп микроорганизмов, потребляющих азот с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,65.

Исследования показали положительное влияние доз внесения препарата «Агробионов» на численность олигонитрофилов в почве. Так в 2018 году количество олигонитрофилов под влиянием препарата «Агробионов» возросло от 137 до 446 млн. КОЕ/г (в контроле 64,2 млн. КОЕ/г); в 2019 году – от 27,2 до 41,0 млн. КОЕ/г (в контроле 23,8 млн. КОЕ/г); в 2020 году – от 42,2 до 62,0 млн. КОЕ/г (в контроле 24,2 млн. КОЕ/г) и в среднем за три года – от 68,8 до 183,0 млн. КОЕ/г (в контроле 37,4 млн. КОЕ/г). Существенное увеличение численности олигонитрофилов установлено в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 183,0 млн. КОЕ/г, что выше контроля на 176,4 %. Установлена прямая умеренная корреляционная связь численности олигонитрофилов с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,38.

Внесение «Агробионов» оказало существенное влияние и на количество фосфоромобилизующих микроорганизмов в почве. В 2018 году их численность повысилась от 108 до 602 тыс. КОЕ/г (в контроле 66,5 тыс. КОЕ/г); в 2019 году – от 35,0 до 66,0 тыс. КОЕ/г (в контроле 12,8 тыс. КОЕ/г); в 2020 году – от 45,3 до 75,4 тыс. КОЕ/г (в контроле 13,2 тыс. КОЕ/г); и в среднем за три года – от 62,8 до 247,8 тыс. КОЕ/г (в контроле 30,8 тыс. КОЕ/г). Существенное увеличение численности фосфоромобилизующих микроорганизмов установлено в варианте фон – «Агробионов» 300 кг/га – 247,8 тыс. КОЕ/г, что выше контроля на 700 %. Рассчитана прямая умеренная корреляционная связь количества фосфоромобилизующих микроорганизмов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,4.

Выявлено также влияние доз внесения «Агробионов» на количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов. В зависимости от доз внесения «Агробионов», численность их существенно возросла в 2018 году от 106,0 до 134,0 тыс. КОЕ/г (в контроле 67,0 тыс. КОЕ/г); в 2019 году – от 98,2 до 130,0 тыс. КОЕ/г (в контроле 50,6 тыс. КОЕ/г); в 2020 году – от 96,4 до 119,0 тыс. КОЕ/г (в контроле 82,0 тыс. КОЕ/г) и в среднем за три года – от 100,2 до 127,7 тыс. КОЕ/г (в контроле 66,5 тыс. КОЕ/г). На всех удобренных вариантах получено достоверное увеличение целлюлозоразлагающих микроорганизмов: максимальная

их численность установлена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 127,7 тыс. КОЕ/г, что выше контроля на 93,9 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь количества целлюлозоразлагающих микроорганизмов с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,52.

Внесение «Агробионов» оказало положительное влияние и на численность нитрификаторов. В 2018 году при внесении «Агробионов» в дозах 100-500 кг/га численность нитрификаторов в почве возросла до 0,7–1,9 тыс. КОЕ/г (в контроле 0,4 тыс. КОЕ/г); в 2019 году – до 0,02–0,05 тыс. КОЕ/г (в контроле 0,006 тыс. КОЕ/г); в 2020 году – 0,04–0,08 тыс. КОЕ/г (в контроле 0,007 тыс. КОЕ/г) и в среднем за три года – до 0,26–0,70 тыс. КОЕ/г (в контроле 0,14 тыс. КОЕ/г). Достоверное увеличение количества нитрификаторов установлено также в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 0,7 тыс. КОЕ/г, что выше контроля на 400 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь количества нитрификаторов в почве с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,51.

Внесение препарата «Агробионов» также оказало положительное влияние на количество грибов. Так, в условиях 2018 года при внесении препарата «Агробионов» 100–500 кг/га численность грибов возросла до 22,3–52,3 тыс. КОЕ/г (в контроле 12,6 тыс. КОЕ/г); в 2019 году – до 25,2–36,1 тыс. КОЕ/г (в контроле 20,8 тыс. КОЕ/г); в 2020 году – до 25,4–38,2 тыс. КОЕ/г (в контроле 20,1 тыс. КОЕ/г) и в среднем за три года – до 24,3–42,2 тыс. КОЕ/г (в контроле 17,8 тыс. КОЕ/г). В вариантах с внесением доз «Агробионов» от 100 до 500 кг/га выявлено достоверное увеличение численности грибов, по сравнению с контролем. Наибольшее число грибов установлено в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 42,2 тыс. КОЕ/г, что выше контроля на 133,3 %. Установлена прямая умеренная корреляционная связь количества грибов в почве с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,42.

В опытах Leclercq-Dransart, J., Demuynck, S., Vidar, G., Pernin, C., Leprêtre, A. (2019) при добавлении в каштановую почву золошлака повысилась грибковая активность почвы [184].

Внесение золоуглеродного препарата на фоне 1/10 P в 2018 году способствовало возрастанию численности микроорганизмов до 326-620 млн. КОЕ/г (в контроле 176,3 млн. КОЕ/г), в зависимости от дозы внесения «Агробионов». В условиях 2019 года также отмечалось увеличение численности групп микроорганизмов под влиянием золоуглеродного препарата «Агробионов» в дозах 300, 500 кг/га – до 280,0 и 142,0 млн. КОЕ/г (в контроле 72,4 млн. КОЕ/г). В условиях 2020 года в удобренных вариантах общее количество микроорганизмов по сравнению с контролем возросло, соответственно, до 82,0 млн. КОЕ/г; 260,0 и 136,0 млн. КОЕ/г (в контроле 73,1 млн. КОЕ/г). Максимальная численность микроорганизмов отмечена в варианте фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га: в 2018 г – 620,0 млн. КОЕ/г; в 2019 г – 280,0 и в 2020 г – 260,0 млн. КОЕ/г. Внесение 100-500 кг/га препарата «Агробионов» в среднем за 3 года способствовало увеличению общей численности микроорганизмов в почве до 201,0-386,7 млн. КОЕ/г.

Достоверное увеличение общего количества микроорганизмов получено в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 386,7 млн. КОЕ/г (в контроле – 107,3 млн. КОЕ/г), что выше контроля на 261,7 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь общей численности групп микроорганизмов от доз внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,52.

Для оценки активности микробиологических процессов нами были вычислены коэффициенты минерализации органического вещества в почве, отражающие доминирующее действие той или иной группы микроорганизмов.

В условиях 2018 года коэффициент минерализации в контроле составил 0,83; в вариантах внесения P<sub>7</sub> и фон + «Агробионов» 100 кг/га степень минерализации существенно не изменилась, коэффициент минерализации составил 0,84 и 0,82. А в вариантах внесения препарата «Агробионов» в дозах 300 и 500 кг/га коэффициент минерализации органического вещества в почве снизился, соответственно до 0,61 и 0,74. В условиях 2019-2020 годов коэффициент минерализации в контроле составил 0,70 и 0,74; в удобренных вариантах коэффициент минерализации снизился до 0,66-0,69. Только в варианте

фон + «Агробиионов» 500 кг/га коэффициент минерализации не отличался от контроля и составил 0,70-0,72.

В среднем за 3 года внесение препарата «Агробиионов» не оказало существенного влияния на величину коэффициента минерализации органического вещества чернозема обыкновенного (0,72-0,75, в контроле 0,76;). Исключение составил вариант фон + «Агробиионов» 300 кг/га, где коэффициент минерализации был существенно ниже контроля – 0,64 (таблица 11). То есть внесение препарата в дозе 300 кг/га обеспечивало растения минеральным питанием, что способствовало снижению степени минерализации органического вещества почвы. Установлена обратная заметная корреляционная связь коэффициента минерализации органического вещества в почве с дозами внесения золоуглеродного препарата «Агробиионов»: коэффициент корреляции составил -0,52. Следует отметить, что снижение коэффициента корреляции при внесении золоуглеродного препарата «Агробиионов» является позитивным процессом в плане сохранения органического вещества почвы. Снижение интенсивности разложения органического вещества в почве связано с тем, что золоуглеродный препарат «Агробиионов» в значительных количествах (300-500 кг/га) служит питательной средой для жизнедеятельности групп бактерий.

В условиях 2018 года внесение «Агробиионов» в дозах 100-500 кг/га способствовало увеличению количества агрономический ценных групп микроорганизмов до 75,8-155,0 млн. КОЕ/г (в контроле 45,5 млн. Кое/г). В условиях 2019 года – до 40,2-55,0 млн. КОЕ/г (в контроле 34,1 млн. КОЕ/г); в условиях 2020 года – до 40,2-56,0 млн. КОЕ/г (в контроле 35,7 млн. КОЕ/г). В среднем за три года численность агрономический ценных микроорганизмов повысилась до 58,3–88,7 млн. КОЕ/г (в контроле 38,4 млн. КОЕ/г).

Таблица 10 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на состав микрофлоры чернозема обыкновенного при возделывании ярового ячменя, слой 0 - 20 см

Показатели	Годы	Контроль б/у препарата	Фон Р <sub>7</sub> - 1/10	Фон + препарат, кг/га			r	Уравнение линейной регрессии	НСР <sub>05</sub>
				100	300	500			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бактерии, утилизирующие органические соединения азота, млн. КОЕ/г	2018	24,9	25,6	57,1	96,5	43,6	0.44	$y = 0,0323x + 27,788$	16,3
	2019	21,6	22,8	23,8	31,2	28,9	0.86		
	2020	22,1	23,3	24,6	33,4	29,3	0.79		
	среднее	22,9	23,9	35,2	53,7	33,9	0.54		
Микроорганизмы, потребляющие азот, млн. КОЕ/г	2018	20,6	22,2	46,6	58,5	37,2	0.50	$y = 0,0237x + 19,942$	11,1
	2019	14,1	14,8	16,0	22,1	20,7	0.88		
	2020	14,8	15,7	17,1	24,3	21,5	0.83		
	среднее	16,5	17,6	26,6	35,0	26,5	0.65		
Олигонитрофилы, млн. КОЕ/г	2018	64,2	84,4	223	446	137	0.37	$y = 0,1081x + 67,135$	100,1
	2019	23,8	25,2	32,7	41,0	27,2	0.33		
	2020	24,2	30,0	52,3	62,0	42,2	0.50		
	среднее	37,4	46,5	102,7	183	68,8	0.38		
Фосфоромобилизующие, тыс. КОЕ/г	2018	66,5	88,5	171	602	108	0.32	$y = 0,1716x + 56,628$	125,3
	2019	12,8	13,0	13,1	66,0	35,0	0.66		
	2020	13,2	13,8	15,3	75,4	45,3	0.72		
	среднее	30,8	38,4	66,4	247,8	62,8	0.40		
Целлюлозоразлагающие, тыс. КОЕ/г	2018	67	101	127	134	106	0.43	$y = 0,0582x + 87,842$	10,5
	2019	50.6	72.2	101	130	98.2	0.63		
	2020	82.0	94,3	105	119	96.4	0.42		
	среднее	66.5	89.1	111	127.7	100.2	0.52		

Окончание таблицы 10									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нитрификаторы, тыс. КОЕ/г	2018	0,4	0,5	0,7	1,9	0,8	0.50		0,5
	2019	0,006	0,01	0,03	0,05	0,02	0.44		
	2020	0,007	0,02	0,05	0,08	0,04	0.54		
	среднее	0,14	0,18	0,26	0,70	0,30	0.51		
Грибы, тыс. КОЕ/г	2018	12,6	15,6	22,6	52,3	22,3	0.46		4,7
	2019	20.8	25.2	28,6	36,1	25.2	0.37		
	2020	20.1	26.0	30,2	38,2	25.4	0.34		
	сред	17.8	22.3	27,1	42,2	24.3	0.42		



Существенное увеличение численности агрономический ценных групп микроорганизмов установлено в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 88,7 млн. КОЕ/г, что выше контроля на 131 %. Установлена заметная корреляционная связь численности агрономический ценных групп микроорганизмов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,57. То есть, золоуглеродный препарат «Агробионов» способствовал увеличению как общей численности, так и количества агрономический ценных микроорганизмов.

Исследования показали, что коэффициент иммобилизации в благоприятных условиях 2018 года существенно повысился в вариантах «Агробионов» 300 и 500 кг/га - до 1,65 и 1,35 соответственно (в контроле 1,21). В 2019 году коэффициент иммобилизации существенно не отличался от контроля и составил 1,40-1,51 соответственно (в контроле 1,42). В 2020 году коэффициент иммобилизации в удобренных вариантах повысился до 1,48-1,50 по сравнению с контролем 1,35.

В среднем за три года коэффициент иммобилизации существенно повысился в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – до 1,57 (в контроле 1,31).

Установлена заметная корреляционная связь коэффициента иммобилизации с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,54.

К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко (2016) отмечают, что чем выше коэффициент иммобилизации ( $>1$ ), тем иммобилизационные процессы протекают интенсивнее, что говорит о появлении в почве бедного азотом вещества [185]. В наших исследованиях таковым веществом является золоуглеродный препарат «Агробионов».

Исследования показали, что внесение препарата «Агробионов» способствовало повышению коэффициента трансформации органического вещества в почве. Так, в условиях 2018 года коэффициент трансформации в контроле составил 55 %, а в вариантах внесения «Агробионов» повысился до 102,3-126,4 %; в 2019 году соответственно до 53,1-83,0 % (в контроле 48,4 %) и в 2020 году - до 55,4-84,0 % (в контроле 48,2 %). Установлена прямая тесная и заметная корреляционная связь коэффициента трансформации с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,75 и 0,55.

Таблица 11 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на направленность микробиологических процессов в черноземе обыкновенном

Показатели	Годы	Варианты					Коэффициент корреляции, r	Уравнение линейной регрессии	НСР <sub>05</sub>
		Контроль – б/у и препарата	1/10 Р – фон	Фон + 100	Фон + 300	Фон + 500			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во бактерий на МПА млн. КОЕ/г	2018	24.9	25.3	57.0	96.5	43.6	0.45	$y = 0,0344x + 27,268$	16,2
	2019	20.0	21.5	23.8	33.4	28.9	0.81		
	2020	20.5	22.3	24.1	33.1	29.2	0.82		
	среднее	21.8	23.2	35.1	54.2	33.9	0.56		
Кол-во микроорганизмов на КАА млн. КОЕ/г	2018	20.6	21.2	46.6	58.5	32.2	0,41	$y = 0,0202x + 20,03$	10,9
	2019	14.1	14.9	16.0	22.1	20.7	0,89		
	2020	15.2	15.1	16.1	22.9	20.4	0,82		
	среднее	16.6	17.1	26.2	34.5	24.4	0,58		
КАА/ МПА Коэффициент минерализации	2018	0.83	0.84	0,82	0,61	0,74	-0,66	$y = -0,0001x + 0,7414$	0,1
	2019	0.70	0,68	0,66	0,67	0,72	0,34		
	2020	0.74	0,68	0,67	0,69	0,70	-0,12		
	среднее	0.76	0,73	0,75	0,64	0,72	-0,52		
МПА+КАА Агрономический ценные	2018	45,5	46,5	103,6	155,0	75,8	0,44	$y = 0,0546x + 47,297$	26,9
	2019	34,1	36,9	40,2	55,0	49,6	0,84		
	2020	35,7	37,4	40,2	56,0	49,6	0,82		
	среднее	38,4	40,3	61,3	88,7	58,3	0,57		

Окончание таблицы 11									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МПА/ КАА Коэффициент иммобилизации	2018	1,21	1,19	1,22	1,65	1,35	0,59		0,1
	2019	1,42	1,44	1,49	1,51	1,40	-0,39		
	2020	1,35	1,48	1,50	1,50	1,43	0,16		
	среднее	1,31	1,36	1,34	1,57	1,39	0,54		
ПМ Коэффициент трансформации	2018	55,0	55,3	126,4	255,7	102,3	0,46		41,5
	2019	48,4	53,1	59,9	83,0	69,4	0,76		
	2020	48,2	55,4	60,3	84,0	70,9	0,77		
	среднее	50,5	54,6	82,2	140,9	80,9	0,55		

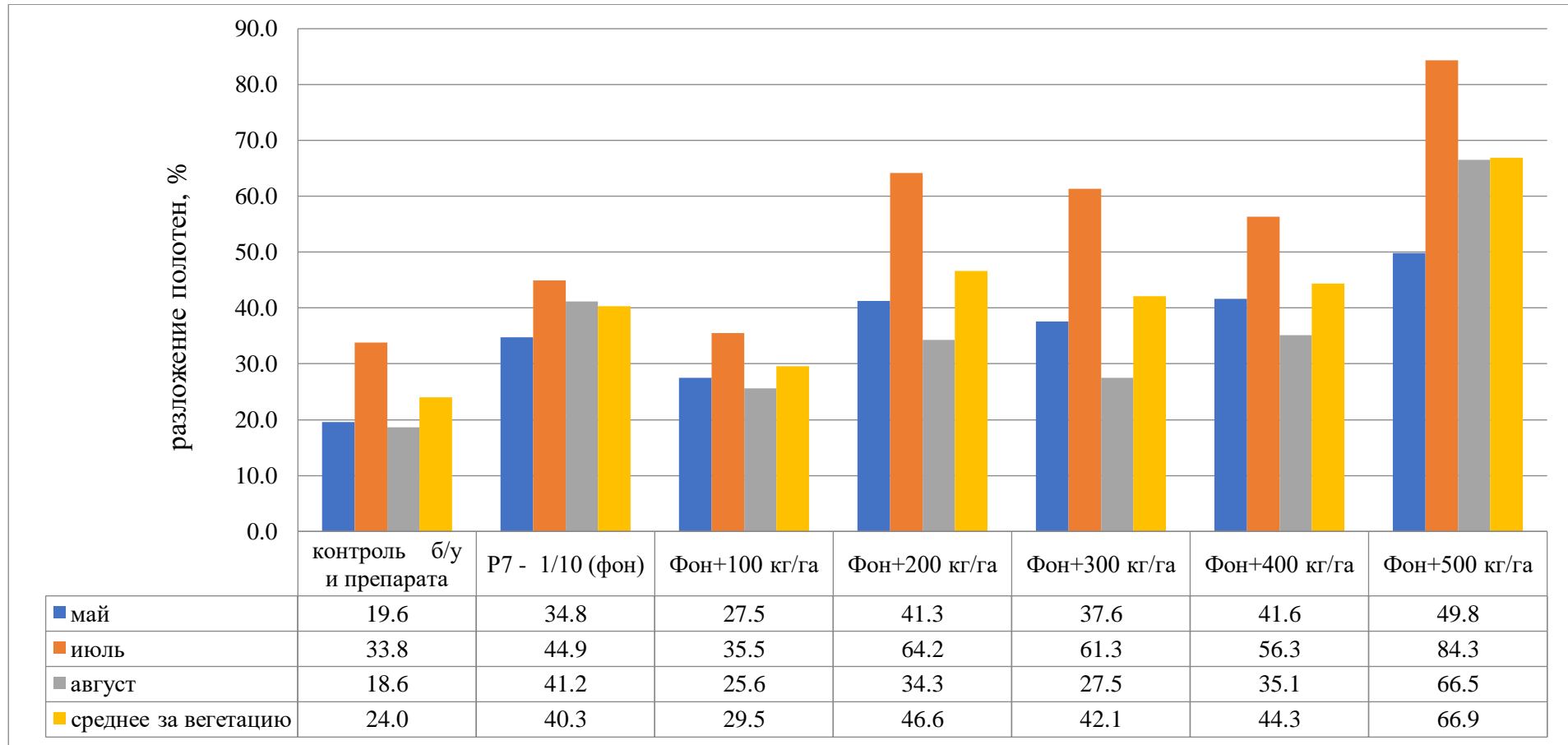
В среднем за три года коэффициент трансформации в контроле составил 50,5 %, в удобренных вариантах он повысился до 82,2-140,9 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь коэффициента трансформации с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,55.

Активность целлюлозоразлагающих бактерий в почве. В опыте по изучению доз внесения золоуглеродного препарата «Агробионов» весной 2018 года в контроле активность целлюлозоразлагающих бактерий составила 19,6%. На удобренных вариантах она достоверно повысилась до 27,5-49,8 %. Наибольший эффект получили в варианте с дозой внесения препарата 500 кг/га – 49,8 %. В летний период особенно на удобренных вариантах отмечалась активизация микробиологических процессов в почве. Так, в контроле активность разложения льняного полотна составила 33,8 %, а на удобренных вариантах существенно повысилась до 44,9-84,3%, наибольшая микробиологическая активность почвы отмечена также в варианте фон + «Агробионов» 500 кг/га, где активность разложения составила 84,3%, что выше контроля в 2,5 раза. В осенний период микробиологические процессы замедлились, активность разложения льняного полотна в контроле составила 18,6 %. Здесь также на удобренных вариантах микробиологические процессы протекали более интенсивно, где активность разложения льняного полотна также была достоверно выше контроля и составила 25,6-66,5 %. Наибольшая микробиологическая активность почвы отмечена в варианте фон + «Агробионов» 500 кг/га – 66,5%, что выше контроля в 3,6 раза. В среднем за вегетационный период активность разложения льняного полотна в контроле составила 24,0 % на удобренных вариантах, в зависимости от дозы золоуглеродного препарата, она достоверно повысилась до 29,5-66,9%. Максимальная активность достигнута в варианте фон + 500 кг/га «Агробионов» – 66,9 %, что выше контроля в 2,8 раза. Установлена прямая тесная корреляционная связь активности целлюлозоразлагающих бактерий с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,82 (рисунок б).

Весной 2019 года на посевах ярового ячменя в контроле активность целлюлозоразлагающих бактерий в почве также была не высокой, доля

разложения льняного полотна в контроле составила 10,5 %. На удобренных вариантах она была существенно выше – 38,2 - 48,0 %. Наиболее активные микробиологические процессы протекали в варианте с дозой внесения препарата 300 кг/га, где активность разложения льняного полотна составила 48,0 %. В летний период микробиологические процессы активизировались особенно на удобренных вариантах: так в контроле активность разложения льняного полотна составила 41,3 %, а на удобренных вариантах достоверно повысилась до 46,6–87,4 %, наибольшая микробиологическая активность почвы отмечена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га, где активность разложения льняного полотна составила 87,4 %, что выше контроля на 111,6 %. В осенний период активность разложения льняного полотна замедлилась и составила в контроле 28,7 %. А на удобренных вариантах микробиологические процессы протекали более активно, где интенсивность разложения льняного полотна существенно повысилась до 32,7 - 40,0 %. Максимальная микробиологическая активность почвы отмечена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 40,0 %, что выше контроля на 39,4 %. В среднем за вегетацию активность разложения льняного полотна в контроле составила 26,8 % на удобренных вариантах, в зависимости от дозы препарата, она достоверно повысилась до 38,2 - 58,5 %. Максимальная активность достигнута в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 58,5 %, что выше контроля 118,3 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь активности целлюлозоразлагающих бактерий с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,55 (рисунок 7).

В 2020 году активность целлюлозоразлагающих бактерий определяли за весь вегетационный период ярового ячменя. В острозасушливых условиях этого года дозы препарата оказали незначительное влияние на активность разложения льняного полотна: в контроле она составила 20,87 %, на удобренных вариантах все же была выше – 22,02–25,17 %. Существенный эффект получен в варианте фон + «Агробионов» 200, 300 и 400 кг/га, где интенсивность разложения льняного полотна составила 22,02 %, 25,17 и 22,35 % соответственно, что выше контроля на



За вегетацию 2018 г.  $НСР_{05} = 2,1$  %,  $r = 0,82$ ; в т.ч. май -  $НСР_{05} = 1,8$ ,  $r = 0,84$ ; июль -  $НСР_{05} = 2,7$ ,  $r = 0,86$ ; август -  $НСР_{05} = 1,7$ ,  $r = 0,65$ ;

Рисунок 6 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, слой 0-20 см.

5,5 %, 20,6 и 7,1 %. Установлена прямая умеренная корреляционная связь активности целлюлозоразлагающих бактерий с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,30.

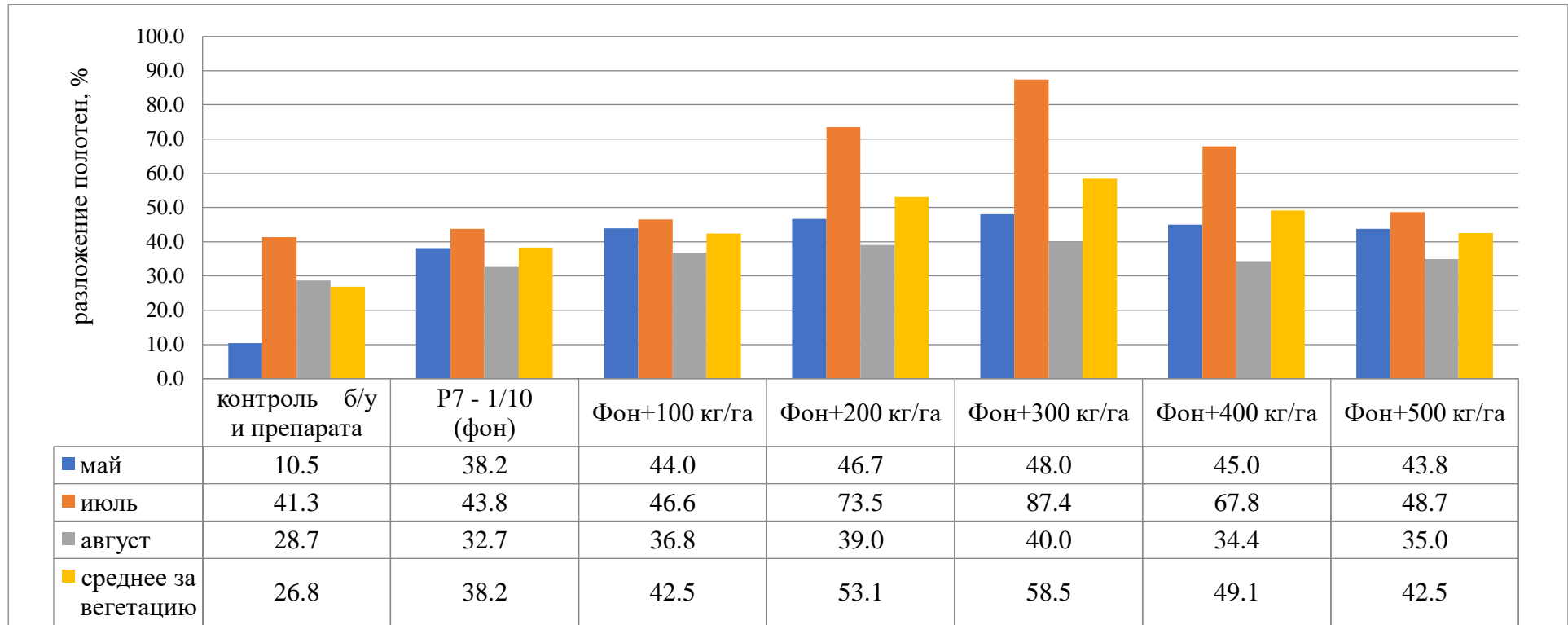
В среднем за 3 года активность целлюлозоразлагающих бактерий в контроле составила 23,23 %, а на удобренных вариантах, в зависимости от дозы внесения – 28,32 – 43,41 %, что выше контроля на 12,3 – 72,2 %. Наибольшая активность установлена в варианте, фон + «Агробионов» 500 кг/га – 43,41 %, что выше контроля на 86,9 %. Установлена прямая очень тесная корреляционная связь активности целлюлозоразлагающих бактерий с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,91 (рисунок 8).

Отсюда следует, что большие дозы золошлака, следовательно, и золоуглеродного препарата будут способствовать снижению численности микроорганизмов. В нашем опыте дозы внесения «Агробионов» 100 – 500 кг/га повысили целлюлозоразлагающую активность бактерий на 21,9 – 86,9 % по сравнению с контролем.

В опыте по изучению доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» в весенний период 2018 года микробиологические процессы в почве были замедлены. В контроле активность разложения льняного полотна составила 19,13%, на удобренных вариантах была выше – 30,43-48,23 %, наибольшая микробиологическая активность была отмечена в вариантах 1/5, 1/2 и полная расчетная доза – 48,03 %, 48,23 и 47,37 % соответственно, что выше контроля на 130,7 %, 152,1 и 147,6 %. В летний период микробиологические процессы активизировались. В контроле льняное полотно разложилось на 24,67 %, на удобренных вариантах активность разложения льняных полотен была выше и составила 30,87–38,57 %, наибольший результат получен в варианте 100 кг препарата «Агробионов» + P<sub>14</sub> расчетной дозы удобрения – 38,57 %, что выше контроля на 56,3 %. В осенний период микробиологические процессы замедлились. В контроле разложение льняных полотен составило 16,91 %. Существенное повышение активности целлюлозоразлагающих бактерий обнаружено

только

в



За вегетацию 2019 г.  $НСР_{05}=2,2\%$ ,  $r=0,55$ ; в т.ч. май -  $НСР_{05}=1,9$ ,  $r=0,57$ ; июль -  $НСР_{05}=2,9$ ,  $r=0,42$ ; сентябрь -  $НСР_{05}=1,7$ ,  $r=0,45$ ;

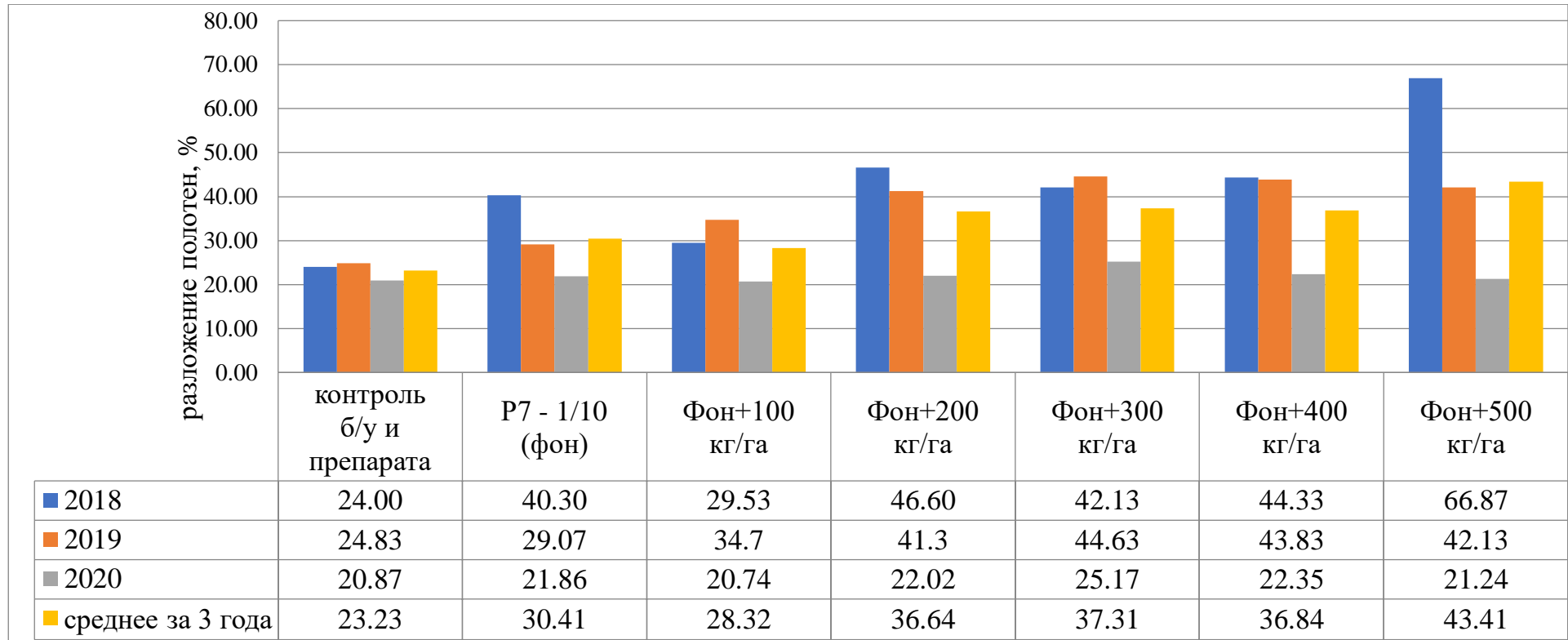
Рисунок 7 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, слой 0-20 см.



варианте 100 кг препарата «Агробионов» + P<sub>7</sub> расчетной дозы удобрения – 19,71 %, что выше контроля 14,2 %.

В среднем за вегетацию активность разложения льняного полотна в контроле составила 20,24 %, а на удобренных вариантах она существенно не отличалась от контроля и составила в пределах 31,75–32,77%. Однако установлена прямая умеренная корреляционная связь доз внесения фосфорного удобрения с активностью целлюлозоразлагающих бактерий в почве: коэффициент корреляции составил 0,45 (рисунок 9).

В весенний период 2019 года микробиологические процессы в почве были замедлены. В контроле активность разложения льняного полотна составила 17,2 %, а в удобренных фосфором вариантах была выше – 41,1-61,0 %, наибольшая микробиологическая активность была отмечена в варианте 100 кг/га «Агробионов» + ½ P расчетной дозы – 61,0 %, что выше контроля на 254,6%. В летний период микробиологические процессы активизировались. В контроле льняные полотна разложились на 43,8 %, в удобренных вариантах активность разложения льняных полотен была выше и составила 48,5-55,8%, наибольший результат получен в варианте 100 кг/га + P<sub>7</sub> расчетной дозы удобрения 55,8 %, что выше контроля на 27,4%. В осенний период микробиологические процессы замедлились. В контроле разложение льняного полотна составило 28,9%, в удобренных вариантах активность его разложения была выше – 37,8-51,0%. Наибольший результат получен в варианте 100 кг/га + ½ P расчетной дозы удобрения – 51,0 %, что выше контроля на 76,5 %. В среднем за вегетацию активность разложения льняного полотна в контроле составила 30,0 %, а на удобренных вариантах, в зависимости от доз, она повысилась до 44,9-53,9 %. Наибольшая активность установлена в варианте с дозой внесения фосфорного удобрения ½ расчетной дозы – 53,9%, что выше контроля на 79,7%. Установлена заметная корреляционная связь доз внесения фосфорного удобрения с активностью целлюлозоразлагающих бактерий в почве: коэффициент корреляции составил 0,59 (рисунок 10).



2018 г. -  $HCp_{05}=2,0$  ;  $r=0,82$ ; 2019 г. -  $HCp_{05}=1,8$ ,  $r=0,86$ ; 2020 г. -  $HCp_{05}=1,06$ ,  $r=0,30$ ; среднее -  $HCp_{05}=1,65$ ,  $r=0,91$

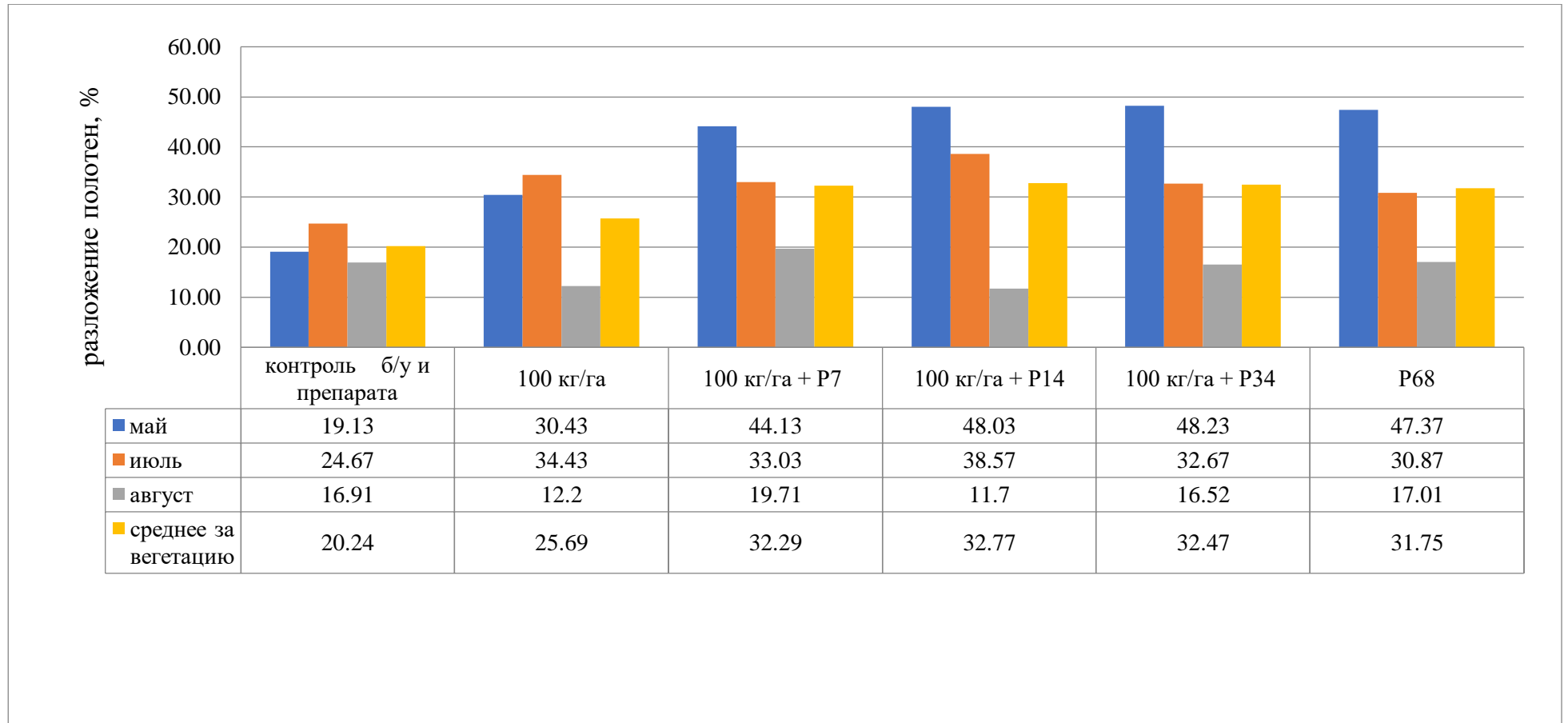
Рисунок 8 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий

в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, слой 0-20 см, 2018-2020 гг.

В засушливых условиях 2020 года за вегетационный период активность разложения льна полотна в контроле составила 14,9 %. На удобренных вариантах она была выше – 16,5-19,7%, наибольшая микробиологическая активность отмечена в варианте препарат 100 + P<sub>7</sub> – 19,7 %, что выше контроля на 32,2 %. Корреляционная связь активности целлюлозоразлагающих бактерий с дозами внесения фосфорного удобрения не установлена: коэффициент корреляции составил - 0,04.

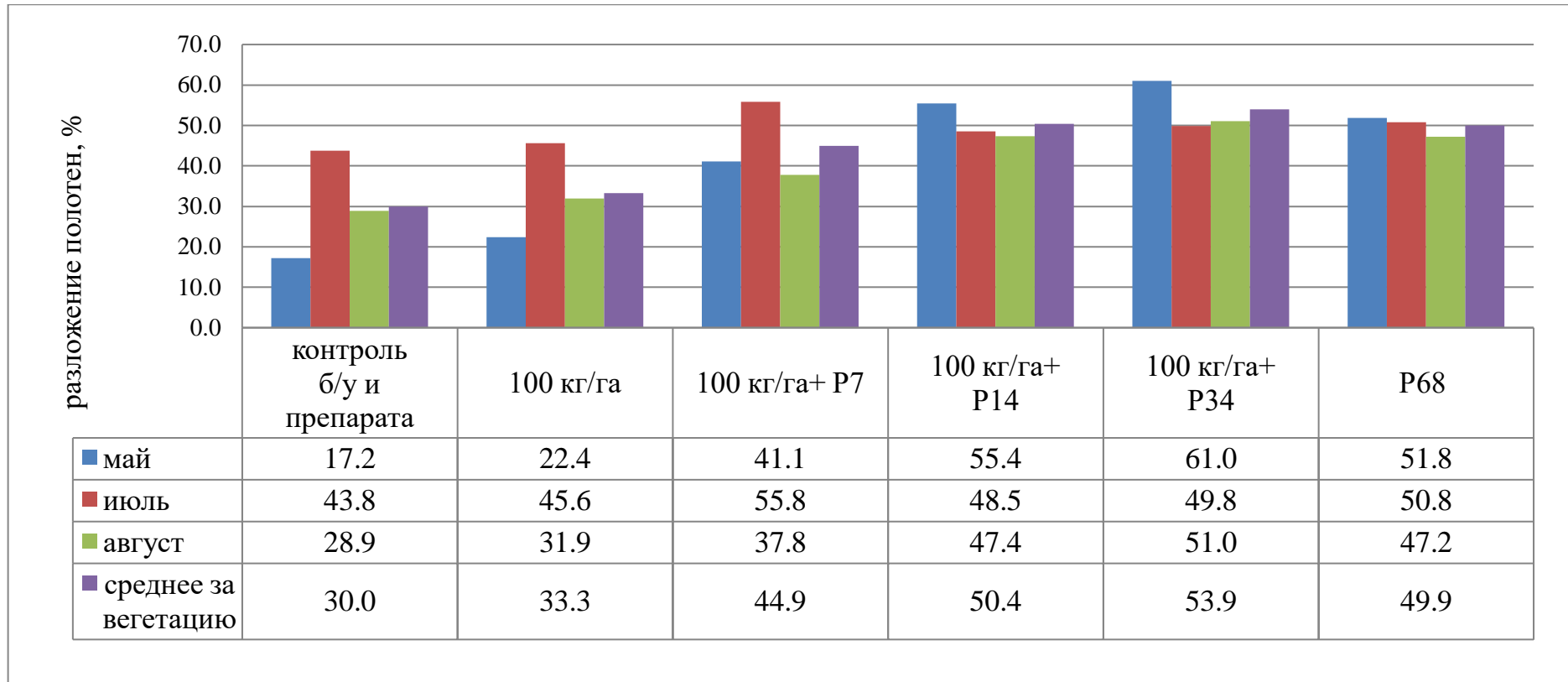
В среднем за 3 года активность целлюлозоразлагающих бактерий в контроле составила 21,77%, а в удобренных вариантах, в зависимости от дозы внесения – 32,30-34,30%. Наибольшая активность установлена в вариантах препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> – 34,30 % и препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub> – 33,62 %, что выше контроля на 57,6 и 54,4 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь активности целлюлозоразлагающих бактерий с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,50 (рисунок 11).

В условиях резко континентального климата весна характеризуется холодным и коротким периодами. Низкий температурный режим замедляет активность жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, а в летний период температура почвы резко повышается, что способствует повышению активности разложения льняных полотен. Относительное снижение активности разложения льняных полотен в осенний период также связано со снижением температуры почвы.



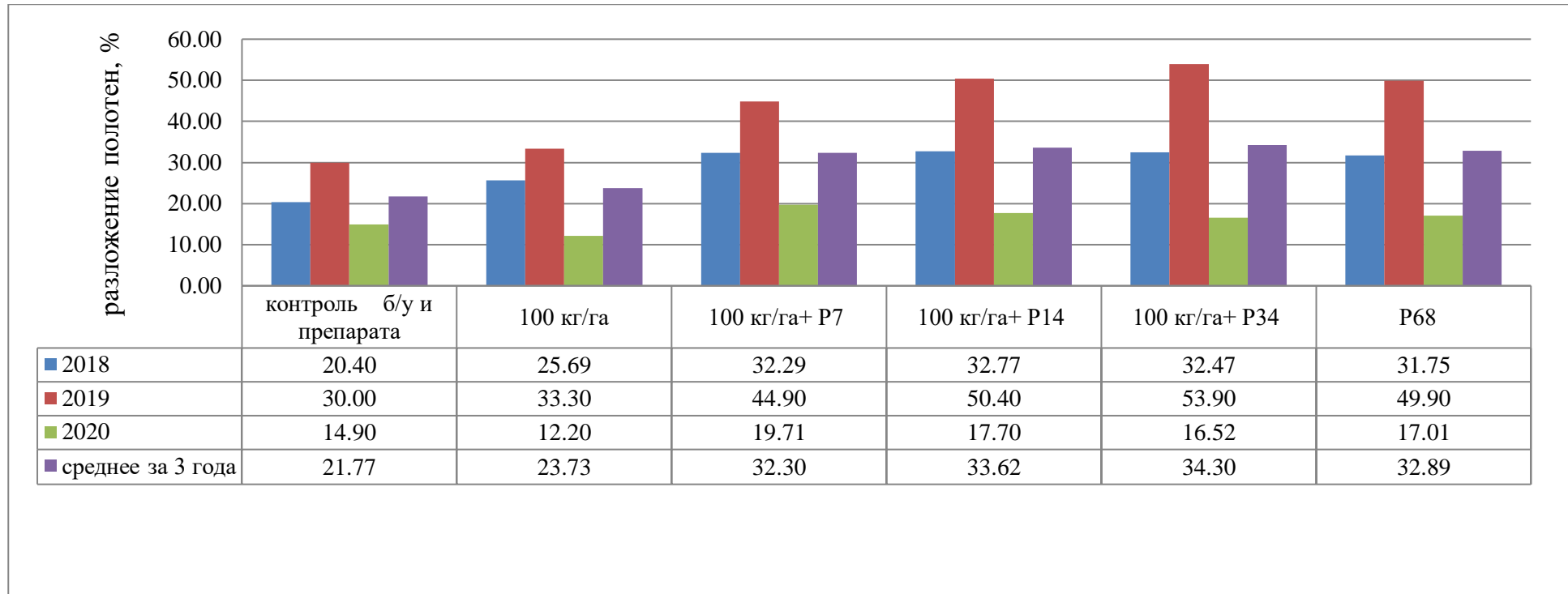
За вегетаци. 2018 г.  $НСР_{05}=1,40$  %,  $r=0,45$ ; в т.ч. май -  $НСР_{05}=1,50$ ,  $r=0,54$ ; июль -  $НСР_{05}=1,50$ ,  $r=0,09$ ; сентябрь -  $НСР_{05}=0,70$ ,  $r=0,02$ ;

Рисунок 9 - Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, слой 0-20 см.



За вегетацию 2019 г.  $НСР_{05}=2,0\%$ ,  $r=0,59$ ; в т.ч. май -  $НСР_{05}=1,9$ ,  $r=0,57$ ; июль -  $НСР_{05}=2,3$ ,  $r=0,21$ ; сентябрь -  $НСР_{05}=1,9$ ,  $r=0,65$ ;

Рисунок 10 - Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, слой 0-20 см.



2018 г. - НСР<sub>05</sub> = 2,0 r=0,45; 2019 г. - НСР<sub>05</sub> = 2,2, r=0,58; 2020 г. - НСР<sub>05</sub> = 0,8, r= -0,04; среднее - НСР<sub>05</sub> = 1,7, r=0,50

Рисунок 11 - Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробиионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, в слое 0-20 см, за 2018 – 2020 гг.

### 3.3 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробиионов» на агрофизические свойства чернозема обыкновенного

**Структура почвенных агрегатов.** Исследования структуры почвенных агрегатов чернозема обыкновенного в слое почвы 0-20 см показали, что в 2018 году содержание мелкоглыбистых частиц ( $> 10$  мм) в контроле составило 31,2 %. В вариантах фон 1/10 P, фон + «Агробиионов» 100 кг/га и фон + «Агробиионов» 400 кг/га содержание этих агрегатов существенно не отличалось от контроля и составило, соответственно, 30,4%, 29,1 и 32,6 %. А в вариантах с дозами препарата 200 кг/га, 300 и 500 кг/га отмечено существенное снижение содержания мелкоглыбистых частиц, соответственно, до 25,2%, 28,1 и 26,1%. Установлена обратная слабая корреляционная связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробиионов»: коэффициент корреляции составил -0,30. Содержание агрономически ценных частиц (0,25-10 мм) в контроле составил 57,6 %; в варианте внесения фосфорного удобрения (1/10 P) содержание агрономически ценных агрегатов существенно не отличалось от контроля - 59,9 %. Внесение препарата в дозах 100 – 500 кг/га способствовало достоверному повышению агрономически ценных агрегатов до 60,5 - 66,8 %. Наибольшее содержание агрономически ценных почвенных агрегатов установлено в варианте фон + «Агробиионов» 300 кг/га – 66,8 %. Установлена умеренная корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробиионов»: коэффициент корреляции составил 0,63. Содержание мелких почвенных агрегатов (менее 0,25) существенно уменьшилось только в варианте фон + «Агробиионов» 300 кг/га до 5,1 % (в контроле составил 11,1 %). Установлена обратная слабая корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения «Агробиионов»: коэффициент корреляции составил 0,29 (таблица 12).

В засушливых условиях 2019 года отмечалось существенное уменьшение содержания мелкоглыбистых агрегатов ( $>10$  мм), в зависимости от дозы внесения препарата «Агробиионов» до 21,5 – 32,0 % по сравнению с контролем (34,8%).

Таблица 12 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на структуру почвенных агрегатов чернозема обыкновенного при возделывании ячменя, %, слой 0-20 см

№	вариант	Годы	Содержание почвенных агрегатов по подгруппам, мм; %			Коэффициент структурности
			>10	0,25-10	<0,25	
1	Контроль – без удобрения и препарата	2018	31,2	57,6	11,1	1,4
		2019	34,8	58,0	7,2	1,4
		2020	33,2	59,6	7,2	1,5
		среднее	33,1	58,4	8,5	1,4
2	P <sub>7</sub> - 1/10 (фон)	2018	30,4	59,9	9,7	1,5
		2019	25,8	65,8	8,4	1,9
		2020	27,2	65,0	7,8	1,9
		среднее	27,8	63,6	8,6	1,7
3	Фон + препарат 100 кг/га	2018	29,1	63,0	7,9	1,7
		2019	31,1	58,5	10,4	1,4
		2020	25,2	67,2	7,6	2,0
		среднее	28,5	62,9	8,6	1,7
4	Фон+ препарат 200 кг/га	2018	25,2	60,5	14,3	1,5
		2019	28,4	64,2	7,4	1,8
		2020	25,2	67,2	7,6	2,0
		среднее	26,3	64,0	9,7	1,8
5	Фон + препарат 300 кг/га	2018	28,1	66,8	5,1	2,0
		2019	30,3	59,7	10,0	1,5
		2020	24,9	68,4	6,7	2,2
		среднее	27,8	65,0	7,2	1,9
6	Фон + препарат 400 кг/га	2018	32,6	64,6	2,8	1,8
		2019	21,5	69,1	9,4	2,2
		2020	24,0	67,9	8,1	2,1
		среднее	26,0	67,2	6,8	2,0
7	Фон+ препарат 500 кг/га	2018	26,1	62,4	11,5	1,7
		2019	32,0	60,3	7,7	1,5
		2020	29,2	63,1	7,7	1,7
		среднее	29,1	62,0	8,9	1,6
	Коэфф. корреляции	2018	-0,30	0,64	-0,29	
		2019	-0,25	0,22	0,11	
		2020	-0,33	0,31	0,17	
		среднее	-0,29	0,39	-0,003	
	НСР <sub>05</sub>		3,3	3,3	2,7	0,2



Установлена прямая слабая корреляционная связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $-0,25$ . Существенное повышение содержания агрономически ценных частиц отмечено в вариантах 1/10 P – фон –  $65,8\%$ , фон + «Агробионов»  $200\text{ кг/га}$  –  $64,2\%$ , и  $400\text{ кг/га}$  –  $69,1\%$ , (в контроле –  $58,0\%$ ). Установлена прямая очень слабая корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $0,23$ . Содержание мелких почвенных агрегатов (менее  $0,25$ ) в удобренных вариантах существенно не отличалось от контроля и составило в пределах  $7,4\text{--}9,4\%$  (в контроле  $7,2\%$ ). Установлена прямая очень слабая корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $0,11$ .

В условиях 2020 года на удобренных вариантах содержание мелкоглыбистых агрегатов ( $> 10\text{ мм}$ ) существенно уменьшилось до  $24,0\text{--}29,2\%$  по сравнению с контролем  $33,2\%$ . Установлена обратная слабая корреляционная связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $-0,33$ . Содержание агрономически ценных частиц ( $0,25\text{--}10\text{ мм}$ ) существенно увеличилось до  $63,1\text{--}68,4\%$  (в контроле  $59,6\%$ ). Установлена прямая слабая корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $0,31$ . Содержание мелких частиц в контроле составило  $8\%$ , в удобренных вариантах существенно не отличалось от контроля  $7,3\text{--}8\%$ . Установлена обратная очень слабая корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил  $0,17$ .

В среднем за 3 года содержание мелкоглыбистых агрегатов ( $>10\text{ мм}$ ), в контроле составило  $33,1\%$ , а в удобренных вариантах существенно снизилось до  $26,0\text{--}29,1\%$ . Наибольшее снижение отмечено в варианте фон + препарат «Агробионов»  $400\text{ кг/га}$  –  $26\%$ . Установлена обратная умеренная корреляционная

связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил  $r = 0,54$ . Содержание агрономически ценных почвенных агрегатов повысилось до 62,0-67,2 % (в контроле 58,4%). Максимальное значение установлен в вариантах фон + препарат 300 и 400 кг/га – 65,0 и 67,2 %. Установлена умеренная корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции  $r = 0,57$ . Содержание мелких почвенных агрегатов (менее 0,25) в удобренных вариантах существенно не отличалось от контроля и составило в пределах 6,8–9,7 % (в контроле 8,5 %). Установлена обратная умеренная корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил -0,29.

В 2018 году коэффициент структурности в контроле составил 1,4. В вариантах внесения доз препарата «Агробионов» коэффициент структурности был существенно выше 1,7-2,0. Наибольший коэффициент структурности установлен в варианте фон – «Агробионов» 300 кг/га – 2,0 по шкале Савинова, это относится к удовлетворительной структурности. В 2019 году коэффициент структурности повысился в вариантах 1/10 Р до 1,9, фон + «Агробионов» 200 кг/га до 1,8; наибольший коэффициент структурности получен в варианте фон + «Агробионов» 400 кг/га – 2,2, что соответствует удовлетворительной структурности. В 2020 году отмечено повышение структурности почвы во всех удобренных вариантах до 1,7–2,2 (в контроле 1,5). Максимальная структурность получена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 2,2.

В среднем за три года коэффициент структурности в контроле составил 1,4. В удобренных вариантах коэффициент структурности был выше 1,6–2,0. Наибольший коэффициент структурности получен в вариантах фон + «Агробионов» 300 кг/га – 1,9 и фон + «Агробионов» 400 кг/га - 2,0.

Улучшение структурного состояния чернозема обыкновенного под влиянием препарата «Агробионов» объясняется содержанием в золоуглеродном

препарате 42 % кремнезема, а также большим накоплением корневой массы ячменя, в связи с возрастанием его урожая.

В 2018 году, в опыте, где изучался золоуглеродный препарат «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением, в слое почвы 0-20 см содержание мелкоглыбистых агрегатов ( $> 10$  мм) в контроле составило 26,9 %. В удобренных вариантах содержание этих агрегатов существенно не отличалось от контроля и составляло 26,3-28,5%. Установлена обратная умеренная корреляционная связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил -0,39. Содержание агрономически ценных частиц (0,25-10мм) в контроле составило 58,9, на удобренных вариантах содержание их существенно не отличалось от контроля и составило 60,7–61,5 %. Установлена прямая заметная корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,52. Содержание мелких почвенных агрегатов (менее 0,25) в контроле составило 14,2 %. В удобренных вариантах содержание мелких частиц существенно не отличалось от контроля 10,3–15,1%. Корреляционной связи содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения не установлено: коэффициент корреляции составил 0,07 (таблица 13).

В условиях 2019 года содержание мелкоглыбистых агрегатов ( $> 10$ мм) в удобренных вариантах варьировало в пределах 25,8-28,3% и существенно не отличалось от контроля (в контроле - 26,4).

Установлена прямая слабая корреляционная связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения

фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,25. По содержанию агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) удобренные варианты также существенно не отличались от контроля 60,5-62,9% (в контроле 61,3%).

Установлена слабая корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения:

коэффициент корреляции составил 0,28. Содержание мелких почвенных агрегатов (менее 0,25) в контроле составило 12,3%. В удобренных вариантах содержание мелких частиц существенно не отличалось от контроля 10,7–11,8%.

Таблица 13 - Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на структуру почвенных агрегатов чернозема обыкновенного под посевами ячменя, %, в слое 0-20 см

№	Вариант	Годы	Содержание почвенных агрегатов по подгруппам, мм			Коэффициент структурности
			>10	0,25-10	< 0,25	
1	Контроль без удобрения и препарата	2018	26,9	58,9	14,2	1,4
		2019	26,4	61,3	12,3	1,6
		2020	29,2	62,8	8,0	1,7
		среднее	27,5	61,0	11,5	1,6
2	Препарат 100 кг/га фон	2018	28,5	61,2	10,3	1,6
		2019	26,1	62,3	11,6	1,7
		2020	28,4	59,7	11,9	1,5
		среднее	27,7	61,1	11,3	1,6
3	Фон + P <sub>7</sub>	2018	27,3	60,9	11,8	1,6
		2019	27,7	60,5	11,8	1,5
		2020	29,0	63,0	8,0	1,7
		среднее	28,0	61,5	10,5	1,6
4	Фон + P <sub>14</sub>	2018	27,1	60,7	12,2	1,5
		2019	25,8	62,9	11,3	1,7
		2020	29,5	63,7	6,8	1,8
		среднее	27,5	62,4	10,1	1,7
5	Фон + P <sub>34</sub>	2018	23,4	61,5	15,1	1,6
		2019	28,3	61,0	10,7	1,6
		2020	29,9	63,6	6,5	1,7
		среднее	27,2	62,0	10,8	1,6
6	P <sub>68</sub>	2018	26,3	60,9	12,8	1,6
		2019	27,0	62,1	10,9	1,6
		2020	27,2	65,4	7,3	1,9
		среднее	26,9	62,8	10,3	1,7
	Коэф.корр	2018	-0,51	0,36	0,53	0,43
		2019	0,36	0,12	-0,77	-0,13
		2020	-0,54	0,76	-0,42	0,74
		среднее	-0,23	0,41	-0,01	0,35
	НСР <sub>05</sub>		F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	

Установлена обратная сильная корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,78.

В условиях 2020 года содержание мелкоглыбистых агрегатов в контроле составило 29,2%, а на удобренных вариантах варьировало в пределах от 27,3 до 29,9 %. Установлена обратная сильная корреляционная связь содержания мелкоглыбистых почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,69. По содержанию агрономически ценных частиц варианты опыта существенно не отличались от контроля (62,8 %), хотя, с увеличением доз внесения фосфорного удобрения от  $P_7$  до полной расчетной дозы наблюдалась тенденция возрастания содержания агрономически ценных почвенных агрегатов до 63,0- 65,4%. Максимальное их содержание отмечено в варианте, полная расчетная доза фосфорного удобрения 65,4 %. Установлена прямая очень сильная корреляционная связь содержания агрономически ценных почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,95. Содержание мелких почвенных агрегатов (менее 0,25) в контроле составило 8,0 %. В удобренных вариантах содержание мелких частиц существенно не отличалось от контроля 6,5–7,3 %. Установлена обратная слабая корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,42.

В среднем за три года на удобренных вариантах содержание мелкоглыбистых и агрономически ценных почвенных агрегатов существенно не отличалось от контроля и составило, соответственно 26,9-28,0 % (в контроле 27,5%) и 61,1-62,8 % (в контроле 61,0 %). Установлены обратная умеренная корреляционная связь (-0,60) и весьма сильная корреляционная связь (0,82) соответственно.

Содержание мелких почвенных агрегатов (менее 0,25) в контроле составило 11,5 %. В удобренных вариантах содержание мелких частиц существенно не отличалось от контроля и составило соответственно 10,1–10,8 %. Установлена

обратная слабая корреляционная связь содержания мелких почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,43.

Структурность исследуемого чернозема обыкновенного была неудовлетворительной. Под влиянием золоуглеродного препарата «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением, в зависимости от дозы внесения, коэффициент структурности был в пределах 1,4-1,7, существенно не изменился и составил в среднем 1,6.

**Водопрочность почвенных агрегатов.** В 2018 году на удобренных вариантах водопрочность почвенных агрегатов в слое 0-20 см составила 40-52%, что существенно выше контроля - 30 %. Положительное действие препарата «Агробионов» отмечено и в слое почвы 20-40 см, где водопрочность почвенных агрегатов составила 32-52% (в контроле 22%). Наибольший эффект получен в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га, где водопрочность составила в слоях 0-20 см и 20-40 см – 52%. В условиях 2019 года в удобренных вариантах водопрочность почвенных агрегатов слоя почвы 0-20 см составила 62-76%, что выше контроля - 24%. Значение водопрочности по дозам внесения «Агробионов» существенно не отличалось. Положительное действие препарата отмечено и в слое почвы 20-40 см, где водопрочность почвенных агрегатов, в зависимости от дозы, составила 40-56 % (в контроле 38%), наибольшая водопрочность почвенных агрегатов наблюдается в вариантах с дозами внесения препарата «Агробионов» 300 - 500 кг/га – 52-56 %. В 2020 году содержание водопрочных агрегатов в слое 0-20 см в удобренных вариантах повысилось до 32–56% (в контроле 28%). Наибольшая водопрочность отмечена в вариантах фон + «Агробионов» 200 кг/га и фон + 500 кг/га – 56 и 54 %. Положительное действие препарата на водопрочность почвенных агрегатов отмечено и в слое 20-40 см, где водопрочность составила 36–56% (в контроле 26%). Наибольший результат получен в варианте фон + «Агробионов» 400 кг/га – 56 % (таблица 14).

В среднем за три года в слое почвы 0-20 см водопрочность почвенных агрегатов в удобренных вариантах повысилась до 47,3-60,7% (в контроле 27,3%). Максимальная водопрочность установлена в вариантах «Агробионов» 200, 300,

400 и 500 кг/га – 60,7, 57,0, 52,7 и 54,7 %. Установлена прямая умеренная корреляционная связь водопрочности почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции  $r = 0,59$ .

Таблица 14 – Водопрочность почвенных агрегатов чернозема обыкновенного, в зависимости от дозы внесения препарата «Агробионов» при возделывании ярового ячменя

№	Варианты	Слой почвы, см	Содержание водопрочных агрегатов, %			
			2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
1	Контроль – без удобрения и препарата	0-20	30	24	28	27,3
		20-40	22	38	26	28,7
2	P <sub>7</sub> – 1/10 (фон)	0-20	40	70	32	47,3
		20-40	34	38	28	33,3
3	Фон + препарат 100 кг/га	0-20	44	72	38	51,3
		20-40	32	40	36	36,0
4	Фон + препарат 200 кг/га	0-20	50	76	56	60,7
		20-40	40	50	42	44,0
5	Фон + препарат 300 кг/га	0-20	52	73	46	57,0
		20-40	52	52	46	50,0
6	Фон + препарат 400 кг/га	0-20	46	68	44	52,7
		20-40	48	54	56	52,7
7	Фон + препарат 500 кг/га	0-20	48	62	54	54,7
		20-40	44	56	48	49,3
	Коэф. корреляции	0-20	0,69	0,34	0,77	0,59
		20-40	0,81	0,96	0,92	0,92
	НСР <sub>05</sub>	0-20				14,3
		20-40				5,6

Положительное действие доз препарата «Агробионов» отмечено и в слое почвы 20-40 см, где водопрочность почвенных агрегатов повысилась до 33,3-52,7% (в контроле 28,7%), наибольшая водопрочность наблюдалась в вариантах с дозой внесения «Агробионов» 300, 400 и 500 кг/га – 50,0, 52,7 и 49,3 %. Рассчитана прямая очень сильная корреляционная связь водопрочности почвенных агрегатов с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции  $r = 0,92$ .

Внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» (2018 год) в сочетании с фосфорным удобрением также способствовало повышению водопрочности почвенных агрегатов в слое почвы 0-20 см до 32 - 36% (в контроле 28%) и в слое почвы 20-40 см, разница в пределах ошибки опыта - 14-22 % (в контроле 6 %). В условиях 2019 года внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением также способствовало повышению водопрочности почвенных агрегатов в слое почвы 0-20 см до 40-60 % (в контроле 30 %) и в слое почвы 20-40 см, в пределах ошибки опыта - 36-56 % (в контроле 20 %). В 2020 году водопрочность почвенных агрегатов в удобренных вариантах в слое 0-20 см составила 46-60 % (в контроле 30%); в слое 20-40 см, в пределах ошибки опыта – 38-56% (в контроле 20%), наибольшее значение получено в варианте «Агробионов» + 1/5 P (в слое 0-20 см – 60 %).

В среднем за 2018-2020 годы водопрочность почвенных агрегатов повысилась в удобренных вариантах, в слое 0-20 см до 34,0 – 51,3 % (в контроле 29 %); наибольший эффект получили в вариантах «Агробионов» 100 кг/га + 1/5 расчетной дозы, агробионов 100 кг/га + 1/2 расчетной дозы и полная расчетная доза, среднее значение которого в слое 0-20 см составило 51,3%, 46,0 и 46,3 %. Установлена прямая умеренная корреляционная связь водопрочности почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции  $r=0,56$ . В слое 20-40 см - до 29-44 % (в контроле 15 %); наибольший эффект получили на вариантах «Агробионов» 100 кг/га +1/5 расчетной дозы, «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>3</sub> и P<sub>68</sub> - 44,0%, 32,7 и 36,7 % соответственно. Установлена прямая слабая корреляционная связь водопрочности почвенных агрегатов с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции  $r=0,44$ . (таблица 15).

Таким образом, наряду с золоуглеродным препаратом «Агробионов» и фосфорное удобрение также способствует повышению водопрочности почвенных агрегатов, что связано с вхождением в почвенный поглощающий комплекс катионов кальция, которые входят в состав суперфосфата двойного гранулированного.



**Запасы доступной влаги в почве.** Весной 2018 года в фазу кущения ярового ячменя запасы доступной влаги в метровом слое почвы в контроле составили 154 мм - хорошие. На удобренных вариантах запасы доступной влаги в почве существенно повысились - до 174-197 мм – очень хорошие.

Таблица 15 - Водопрочность почвенных агрегатов чернозема обыкновенного в зависимости от внесения доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» при возделывании ярового ячменя

№	Варианты	Слой почвы, см	Содержание водопрочных агрегатов, %			
			2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
1	Контроль – без удобрения и препарата	0-20	28	30	30	29,3
		20-40	6	20	20	15,3
2	Препарат 100 кг/га - фон	0-20	32	40	30	34,0
		20-40	16	36	36	29,3
3	Фон + P <sub>7</sub>	0-20	32	48	48	42,7
		20-40	14	40	40	31,3
4	Фон + P <sub>14</sub>	0-20	34	60	60	51,3
		20-40	20	56	56	44,0
5	Фон + P <sub>34</sub>	0-20	36	56	46	46,0
		20-40	22	38	38	32,7
6	P <sub>68</sub>	0-20	35	52	52	46,3
		20-40	22	44	44	36,7
	Коэф.корр. r	0-20	0,70	0,51	0,51	0,56
		20-40	0,70	0,36	0,36	0,44
	НСР <sub>05</sub>	0-20				9,9
		20-40				14,2

Наибольшие запасы влаги содержались в вариантах с дозами «Агробионов» 200 и 300 кг/га – 197 и 192 мм/м. Установлена прямая умеренная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения «Агробионов»: коэффициент корреляции 0,53 (таблица 16).

В фазу колошения ярового ячменя на удобренных вариантах запасы доступной влаги существенно не отличались от контроля 104-125 мм/м (в

контроле 135 мм/м). В данную фазу корреляционная связь с дозами внесения «Агробионов» была слабой: коэффициент корреляции составил 0,26.

Таблица 16 – Запасы доступной влаги в черноземе обыкновенном в зависимости от доз внесения препарата «Агробионов» при возделывании ярового ячменя, мм/м

№	Вариант	Фенофазы	Запасы доступной влаги, мм/м		
			2018г.	2019 г.	2020г.
1	Контроль – без удобрения и препарата	кущение	154,4	100,02	106,4
		колошение	134,7	72,9	108,08
		полная спелость	78,7	121,2	99,96
2	P <sub>7</sub> - 1/10 (фон)	кущение	179,5	93,48	104,58
		колошение	103,9	93,78	103,67
		полная спелость	71,6	120,36	111,02
3	Фон + 100 кг/га	кущение	174,5	99,12	107,59
		колошение	110,8	91,56	102,41
		полная спелость	119,3	125,04	103,18
4	Фон + 200 кг/га	кущение	197,0	103,2	109,27
		колошение	117,1	82,56	108,57
		полная спелость	126,8	127,14	108,43
5	Фон + 300 кг/га	кущение	192,3	105,9	111,02
		колошение	120,0	103,38	114,66
		полная спелость	129,8	127,5	113,61
6	Фон + 400 кг/га	кущение	185,9	103,8	107,03
		колошение	122,0	95,76	108,22
		полная спелость	131,5	121,56	109,13
7	Фон + 500 кг/га	кущение	181,3	104,64	103,04
		колошение	124,9	83,88	101,78
		полная спелость	133,7	126	104,58
	Кэф. корреляции	кущение	0,53	0,78	-0,09
		колошение	0,26	0,29	0,06
		полная спелость	0,84	0,45	0,25
	НСР <sub>05</sub>	кущение	9,4	5,1	5,5
		колошение	5,8	3,7	5,3
		полная спелость	5,8	6,1	5,1

В фазу полной спелости ячменя на удобренных вариантах запасов доступной влаги было существенно больше – 119-134 мм/м (удовлетворительные запасы), чем в контроле – 79 мм/м (низкие запасы). Причем, с увеличением дозы

препарата «Агробионов» со 100 кг до 500 кг наблюдалась тенденция увеличения запасов доступной влаги в почве от 119-134 мм/м.

Установлена весьма сильная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,84.

В условиях 2019 года в фазу кущения ярового ячменя запасы доступной влаги в контроле составили 100 мм/м – удовлетворительные. На удобренных вариантах запасы доступной влаги в почве существенно не отличались от контроля и составили 93,5–105,9 мм/м – удовлетворительные. Однако, наблюдалась тенденция возрастания запасов доступной влаги с 99 до 105 мм/м при повышении дозы препарата «Агробионов» со 100 до 500 кг/га. Установлена сильная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,78.

В фазу колошения ярового ячменя на удобренных вариантах запасы доступной влаги существенно повысились до 82,6–103,4 мм/м – удовлетворительные, по сравнению с контролем – 72,9 мм/м (низкие запасы). Максимальные запасы доступной влаги в почве установлены в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 103,4 мм/м (удовлетворительные). Установлена прямая слабая корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,29.

В фазу полной спелости ярового ячменя варианты опыта по запасам доступной влаги в почве существенно не отличались – 120,4–127,1 мм/м (в контроле – 121,2 мм/м) – удовлетворительные запасы. Установлена прямая умеренная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,45.

В 2020 году в фазу кущения ярового ячменя в удобренных вариантах запасы доступной влаги в почве существенно не отличались от контроля и составили 103,0–111,0 мм/м (в контроле – 106,4 мм/м) - удовлетворительные запасы. Корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов» не установлена: коэффициент корреляции составил 0,09.

В фазу колошения ячменя в удобренных вариантах запасы доступной влаги также существенно не отличались от контроля и составили 102,4-108,6 мм/м (в контроле 108,1 мм/м) – удовлетворительные запасы. Исключение составил варианта фон + «Агробионов» 300 кг/га, где запасов доступной влаги было существенно выше контроля – 114,7 мм/м. Корреляционная связь запасов продуктивной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов» также не установлена: коэффициент корреляции составил 0,06.

В фазу полной спелости ярового ячменя в вариантах 1/10 Р – фон, фон + 200 кг/га, фон + 300 и фон + 400 кг/га запасов доступной влаги было существенно выше контроля и составило соответственно – 111,0 мм/м, 108,4, 113,6 и 109,1 мм/м (в контроле 100,0 мм/м). Установлена прямая слабая корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,25.

В условиях 2018 года в фазу кущения ярового ячменя в контрольном варианте опыта по изучению золоуглеродного препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения запасы доступной влаги составили 215 мм/м – очень хорошая обеспеченность. На удобренных вариантах они существенно не отличались от контроля и составили 190-223 мм/м – очень хорошие запасы. Установлена прямая слабая корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,36.

В фазу колошения ячменя в контрольном варианте запасы доступной влаги составили – 151 мм/м (хорошие), в удобренных вариантах они были существенно ниже контроля - 121–133 мм/м. Установлена обратная слабая корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,34.

В период полной спелости ячменя, запасы доступной влаги в почве в контроле составили 162 мм/м, в удобренных вариантах существенно ниже 128-142 мм/м. Установлена обратная слабая корреляционная связь запасов доступной

влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,31 (таблица 17).

Таблица 17 - Запасы доступной влаги в черноземе обыкновенном в зависимости от доз внесения фосфорного удобрения в сочетании с золоуглеродным препаратом «Агробионов» при возделывании ярового ячменя, мм/м

№	Вариант	Запасы доступной влаги, мм/м			
		Фенофазы	2018 г.	2019 г.	2020 г.
1	Контроль – без удобрения и препарата	кущение	215,5	94.56	101.78
		колошение	151,4	86.16	103.11
		полная спелость	162,0	121.56	99.33
2	Препарат 100 кг/га - фон	кущение	194,7	91.44	97.09
		колошение	121,4	91.5	108.71
		полная спелость	130,6	123.84	103.88
3	Фон + P <sub>7</sub>	кущение	190,0	106.08	99.33
		колошение	130,2	85.92	109.69
		полная спелость	139,8	123.6	112
4	Фон + P <sub>14</sub>	кущение	223,5	111.36	98.84
		колошение	126,2	89.28	111.79
		полная спелость	127,9	118.74	112.63
5	Фон + P <sub>34</sub>	кущение	221,4	103.74	98.35
		колошение	132,6	88.2	113.89
		полная спелость	141,8	122.76	113.19
6	P <sub>68</sub>	кущение	215,5	100.8	108.22
		колошение	131,7	87.84	116.34
		полная спелость	138,4	126.84	105.14
	Коэф. корреляции	кущение	0,36	-0,05	0,66
		колошение	-0,34	0,44	0,85
		полная спелость	-0,31	0,68	0,05
	НСР <sub>05</sub>	кущение	11,6	5,6	5,5
		колошение	7,3	4,8	6,1
		полная спелость	7,6	6,8	5,9

В условиях 2019 года в фазу кущения ярового ячменя запасы доступной влаги в почве в вариантах доз внесения фосфорного удобрения были существенно

выше контроля 100,8–111,4 мм/м (в контроле – 94,6 мм/м). Корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения не установлена: коэффициент корреляции составил 0,05.

В фазу колошения ячменя запасы доступной влаги в контроле составили 86,2 мм/м. В удобренных вариантах запасы доступной влаги в почве существенно не отличались от контроля 85,9–90,4 мм/м – низкие запасы. Установлена прямая слабая корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,44.

В фазу полной спелости запасы доступной влаги в почве в контроле составили 121,6 мм/м, в удобренных вариантах существенной разницы не отмечено 118,7–126,8 мм/м – удовлетворительные. Установлена прямая сильная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,68.

В 2020 году в фазу кущения ярового ячменя запасы доступной влаги в почве в контроле соответствовали 101,8 мм/м. в удобренных вариантах опыта существенно не отличались 97,1–98,8 мм/м (удовлетворительные). Исключение составил вариант полная расчетная доза, где запасы доступной влаги были выше контроля 108,2 мм/м. Установлена прямая сильная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,66.

В фазу колошения ярового ячменя влажность почвы составила в контроле 103,1 мм/м. В вариантах внесения фосфорного удобрения запасы доступной влаги в почве были существенно выше контроля 108,6–116,3 мм/м – удовлетворительные. Установлена прямая весьма сильная корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,85.

В фазу полной спелости ярового ячменя запасы доступной влаги в почве в контроле составили 99,3 мм/м. В вариантах внесения фосфорного удобрения запасы доступной влаги были существенно выше контроля 105,1–113,2 мм/м – удовлетворительные. Корреляционная связь запасов доступной влаги в почве с

дозами внесения фосфорного удобрения не установлена: коэффициент корреляции составил 0,05.

### **3.4 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на рост, развитие и урожайность зерна ярового ячменя**

Влияние предпосевной обработки золоуглеродным препаратом «Агробионов» на активность прорастания и лабораторную всхожесть семян ярового ячменя. Результаты лабораторного опыта показали, что обработка семян водной суспензией золоуглеродного препарата «Агробионов» способствовала повышению лабораторной всхожести семян, в зависимости от концентрации водной суспензии, до 82,5-92,5 %. Во всех обработанных вариантах получили достоверное превышение всхожести на 19-29 % по сравнению с контролем 63,5 %. Причем, с возрастанием концентрации суспензии от 0,1 до 10 % лабораторная всхожесть семян повышалась от 82,5 до 92,5 %. Установлена прямая тесная корреляционная зависимость между концентрацией водной суспензии препарата и лабораторной всхожестью семян ярового ячменя (коэффициент корреляции  $r = 0,73$ ). Наибольший эффект получили при обработке семян ярового ячменя 10-ым раствором, где лабораторная всхожесть повысилась до 92,5 % или на 45,7 % (рисунок 12).

Установлено влияние водной суспензии препарата и на длину побегов ярового ячменя. Так в контроле она составила 68 мм, а при обработке семян препаратом длина побегов, в зависимости от концентрации, возросла до 77-118,8 мм. Наибольшая длина побегов была в варианте препарат 10 % к.э. – 118,8 мм, что выше контроля на 74,6 % (рисунок 13).

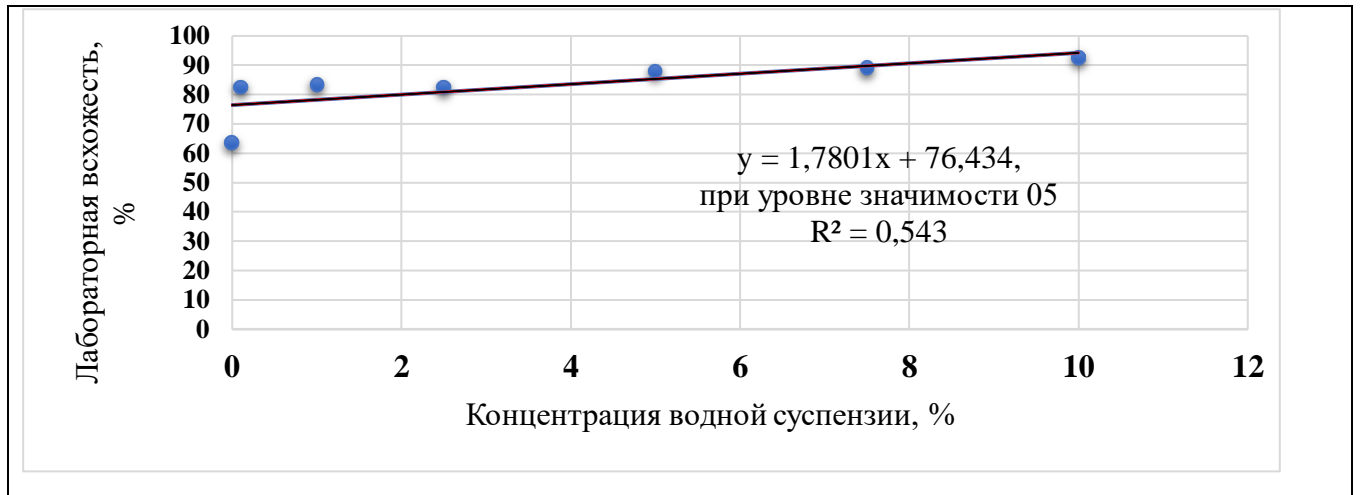


Рисунок 12 - Влияние концентрации водной суспензии препарата «Агробионов» на лабораторную всхожесть семян ярового ячменя, %

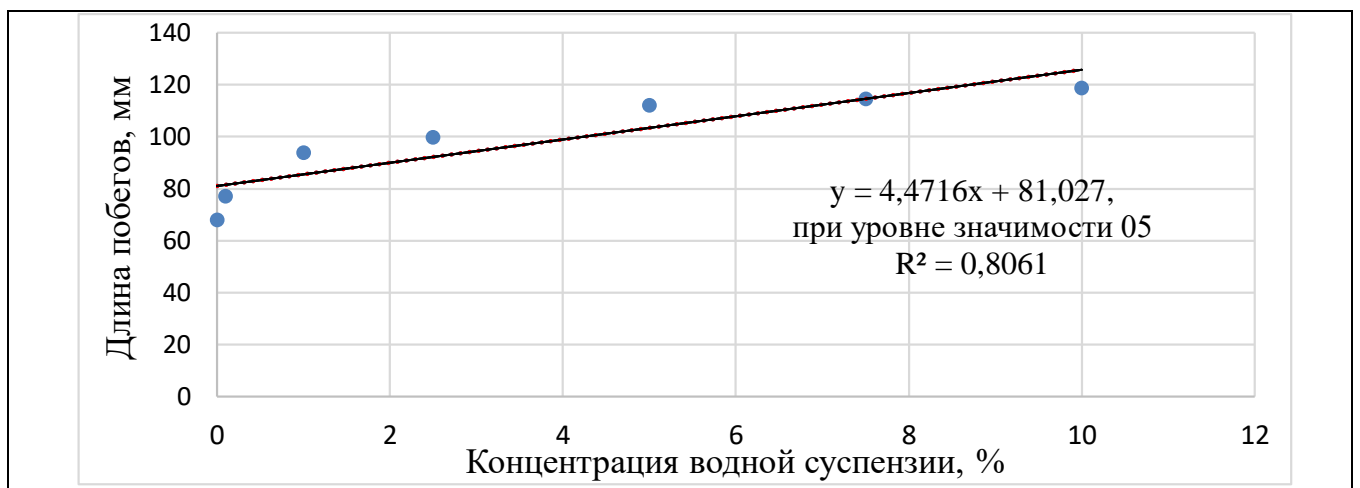


Рисунок 13 - Влияние концентрации водной суспензии препарата «Агробионов» на длину побегов ярового ячменя, мм.

Для опыта были отобраны некондиционные семена, в связи с производственной необходимостью, так как они нуждаются в предпосевной обработке для доведения их до стандартных кондиций.

Также увеличились и длина корешков до 6,0-7,4 мм (в контроле 5,7 мм), наибольшая длина корешком отмечена в варианте препарат 10 % к.э – 7,4 мм, что выше контроля на 29,7 % (рисунок 14).



Активизация ростовых процессов в семенах ярового ячменя под влиянием препарата «Агробионов» подтверждается показателями индекса фитоактивности. На обработанных препаратом «Агробионов» индекс фитоактивности семян возрос от 1,20 до 1,59, максимальная фитоактивность получена в варианте с концентрацией препарата 10 % - 1,59 (рисунок 15).

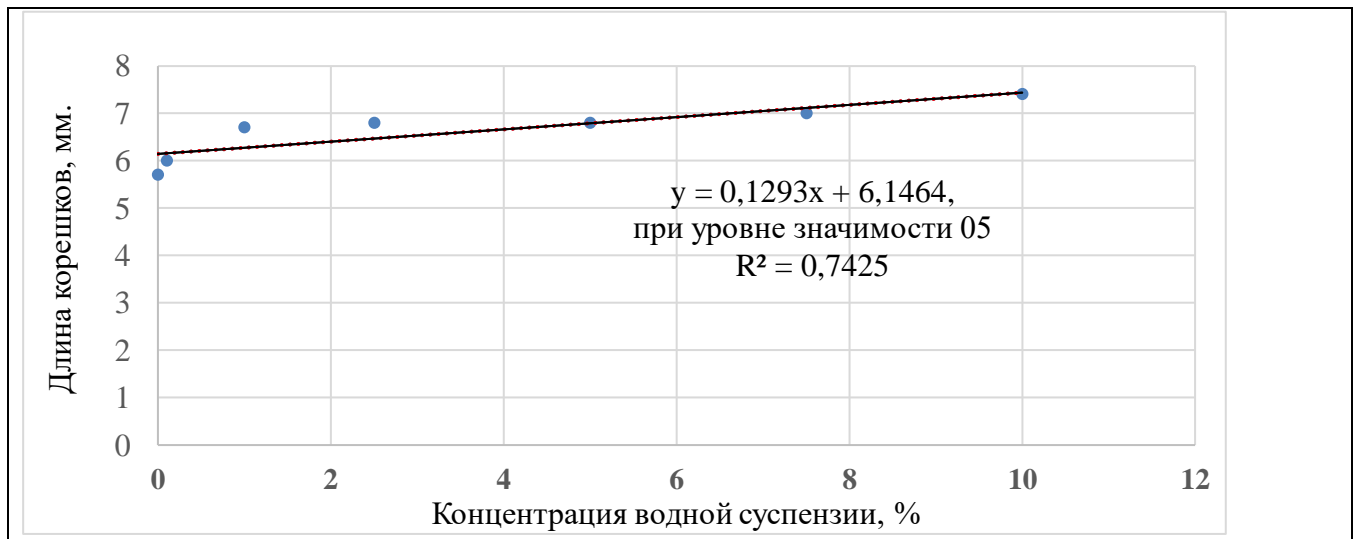


Рисунок 14 - Влияние концентрации водной суспензии препарата «Агробионов» на длину корешков ярового ячменя, мм

**Густота стояния растений.** Густота стояния растений существенным образом влияет на формирование урожая. Загущенные и изреженные посевы приводят к недобору урожая. Густота стояния задается нормой высева семян и уменьшается в течение вегетационного периода с учетом полевой всхожести, перезимовки и сохранности растений к уборке [154].

В среднем за три года исследования густота стояния растений ярового ячменя в фазу полных всходов в контроле составила 256 шт./м<sup>2</sup>, а в вариантах внесения препарата агробионов она была существенно выше и составила 263–304 шт/м<sup>2</sup>. Наибольшая густота стояния растений отмечена в вариантах фон + «Агробионов» 300 кг/га и фон + «Агробионов» 400 кг/га – 297 и 304 шт/м<sup>2</sup>.

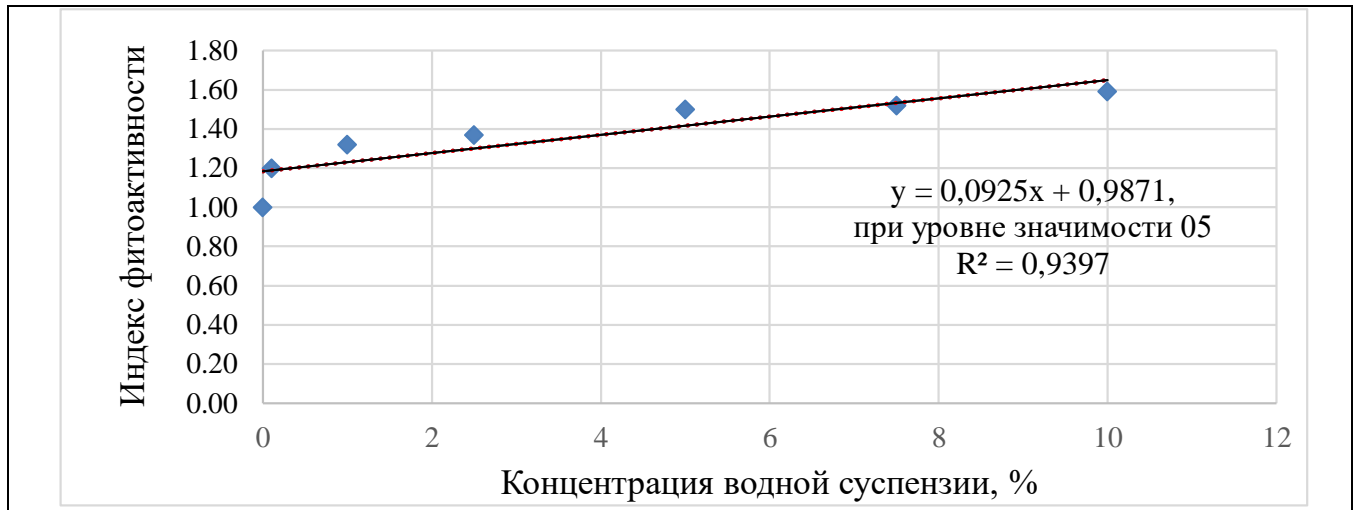


Рисунок 15 - Влияние концентрации водной суспензии препарата «Агробионов» на индекс фитоактивности семян ярового ячменя

Перед уборкой их численность также была выше контроля и составила 151–186 шт/м<sup>2</sup> (в контроле 138 шт/м<sup>2</sup>). Максимальная густота стояния растений перед уборкой отмечена в вариантах фон + «Агробионов» 100 кг/га – 183 шт/м<sup>2</sup> и фон + «Агробионов» 300 кг/га – 186 шт/м<sup>2</sup> (таблица 18).

Таблица 18 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» в черноземе обыкновенном на полевую всхожесть и сохранность растений ярового ячменя (среднее за 2018-2020 гг.)

№	Вариант	Густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>		Полевая всхожесть, %	Сохранность растений, %
		в фазу полных всходов	перед уборкой		
1.	Контроль - без удобрения и препарата	256	138	73,1	53,7
2	P <sub>7</sub> - 1/10 (фон)	249	180	71,1	72,1
3.	Фон + препарат 100 кг/га	280	183	80,0	65,2
4.	Фон + препарат 200 кг/га	263	151	75,1	57,4
5.	Фон + препарат 300 кг/га	297	186	84,9	62,5
6.	Фон + препарат 400 кг/га	304	156	86,9	51,3
7.	Фон + препарат 500 кг/га	290	149	82,9	51,4
	Коэффициент кор. r	0,83	-0,17	0,83	-0,62
	НСР <sub>05</sub>	15,2	9,0		

Наибольшую полевую всхожесть получили в вариантах фон + «Агробионов» 300 кг/га, фон + «Агробионов» 400 кг/га и фон + «Агробионов» 500 кг/га – 84,9, 86,9, 82,9 % (в контроле 73,1 %). Сохранность растений ярового ячменя в вариантах 1/10 P – фон, фон + «Агробионов» 100 кг/га и фон + «Агробионов» 300 кг/га была выше контроля и составила соответственно 72,1 %, 65,2 и 62,5 % (в контроле 53,7 %). Снижение сохранности растений на удобренных вариантах, по сравнению с контролем, связано с относительно высокой густотой стояния растений перед уборкой, что приводит к гибели части растений в конкурентной борьбе за влагу и питание.

В опыте золоуглеродный препарат «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением густота стояния растений ярового ячменя в фазу полных всходов в удобренных вариантах была существенно выше 240–268 шт/м<sup>2</sup>, чем в контроле 208 шт/м<sup>2</sup>. В этих вариантах густота стояния растений ярового ячменя перед уборкой также была выше 197–240 шт/м<sup>2</sup>, чем в контроле 186 шт/м<sup>2</sup>. Наибольшую полевую всхожесть получили в вариантах фон + 1/10 P – 76 %, 1/5 P – 74,9 % и 1/2 P – 76,6 %, (в контроле 59,4%). Наиболее высокая сохранность растений была обеспечена в вариантах препарат 100 кг/га – 90,0 % и фон + 1/10 P – 90,2 % (таблица 19).

**Урожайность ярового ячменя.** Основным показателем эффективности вносимых удобрений является урожайность сельскохозяйственных культур. Улучшение обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом, возрастание общей численности микроорганизмов и их активизацией в почве, улучшение структурного состояния и водопрочности почвенных агрегатов, повышение запасов продуктивной влаги способствовали увеличению урожайности ячменя.

В природно-климатических условиях 2018 года в полевом опыте по изучению доз внесения золоуглеродного препарата урожайность зерна ярового ячменя на контроле составила 1,38 т/га, а на удобренных вариантах 1,79-1,92 т/га. Максимальная урожайность получена на вариантах фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га, фон +400 кг/га и 500 кг/га соответственно 1,84, 1,90 и 1,92 т/га, что выше контроля на 33,3 %, 37,7 и 39,1 % (таблица 20).

Таблица 19 – Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» в черноземе обыкновенном на полевую всхожесть и сохранность растений ярового ячменя (среднее за 2018-2020 гг.)

№	Вариант	Густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>		Полевая всхожесть, %	Сохранность растений, %
		в фазу полных всходов	перед уборкой		
1.	Контроль без удобрения и препарата	208	186	59,4	89,4
2	Препарат 100 кг/га- фон	240	216	68,6	90,0
3.	Фон + P <sub>7</sub>	266	240	76,0	90,2
4.	Фон + P <sub>14</sub>	262	197	74,9	75,2
5.	Фон + P <sub>34</sub>	268	200	76,6	74,6
6.	P <sub>68</sub>	252	197	72,0	78,2
	Коэффициент кор. г	0,37	-0,28	0,37	-0,65
	НСР <sub>05</sub>	14	11		

В засушливых условиях 2019 года урожайность зерна ярового ячменя в контроле составила 0,75 т/га, на удобренных вариантах она повысилась до 0,93-1,10 т/га, наибольшая урожайность установлена в варианте фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га - 1,10 т/га, что выше контроля на 46,7 %. В 2020 году в

Таблица 20 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на урожайность зерна ярового ячменя, т/га

№	Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка к контролю	
		2018	2019	2020	сред	т/га	%
1	Контроль б/у и препарата	1,38	0,75	1,15	1,09	-	-
2	P <sub>7</sub> - 1/10 (фон)	1,40	0,93	1,29	1,21	0,12	11,0
3	Фон + препарат 100кг/га	1,88	1,04	1,48	1,47	0,38	34,9
4	Фон + препарат 200кг/га	1,79	1,00	1,53	1,44	0,35	32,1
5	Фон + препарат 300кг/га	1,84	1,10	1,56	1,50	0,41	37,6
6	Фон + препарат 400кг/га	1,90	1,01	1,25	1,39	0,30	27,5
7	Фон + препарат 500кг/га	1,92	0,92	1,09	1,31	0,22	20,2
	НСР <sub>05</sub>	0,08	0,10	0,10	0,09		

контроле урожайность составила 1,15 т/га, в удобренных вариантах, в зависимости от дозы внесения препарата «Агробионов» 1,09-1,56 т/га.

Наибольшая урожайность получена в варианте фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га и составила 1,56 т/га. Прибавка составила 0,41 т/га или 35,6 %. Низкая урожайность зерна ячменя в условиях 2019-2020 годов объясняется острой засушливостью вегетационного периода.

В среднем за три года урожайность зерна ярового ячменя в контроле составила 1,09 т/га. В варианте 1/10 расчетной дозы удобрения (фон) прибавка урожая была 0,12 т/га, что на 11% выше контроля. На других удобренных вариантах, в зависимости от дозы препарата «Агробионов», получена достоверная прибавка урожая в пределах – 1,31-1,50 т/га или 20,2-37,6 %. Наибольший урожай получен в варианте фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га – 1,50 т/га, что выше контроля на 37,6 % (табл. 20).

В 2018 году в опыте по изучению золоуглеродного препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения урожайность зерна ярового ячменя в контроле получена 0,77 т/га, в удобренных вариантах 1,00-1,44 т/га, максимальная урожайность получена в варианте препарат +  $\frac{1}{2}$  P - 1,44, что выше контроля на 0,67 т/га или 87,0 % (таблица 21).

Таблица 21 – Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на урожайность ярового ячменя

№	Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка к контролю	
		2018	2019	2020	сред	т/га	%
1.	Контроль - б/у и препарата	0,77	0,75	1,08	0,87	-	-
2.	Препарат 100 кг/га	0,82	0,87	1,20	0,96	0,09	10,34
3.	Препарат + P <sub>7</sub>	1,16	0,91	1,37	1,15	0,28	32,18
4.	Препарат + P <sub>14</sub>	1,00	0,94	1,39	1,11	0,24	27,59
5.	Препарат + P <sub>34</sub>	1,44	1,06	1,46	1,32	0,45	51,72
6.	P <sub>68</sub>	1,00	0,92	1,40	1,10	0,23	26,44
НСР <sub>05</sub>		0,07	0,10	0,10	0,09		

В 2019 году урожайность зерна ярового ячменя в контроле составила 0,75 т/га, в удобренных вариантах 0,87-1,06 т/га. Наибольшая урожайность получена в варианте препарат +  $\frac{1}{2}$  P – 1,06 т/га, что выше контроля на 0,31 т/га или 41,3 %.

В 2020 году урожайность в контроле составила 1,08 т/га, в удобренных вариантах 1,37-1,46 т/га. Наибольшая урожайность получена в варианте препарат «Агробионов» +  $\frac{1}{2}$  P – 1,46 т/га, что выше контроля на 0,38 т/га или 35,2 %.

В среднем за 3 года урожайность зерна ярового ячменя в контроле составила 0,87 т/га, в удобренных вариантах она была выше 1,11-1,32 т/га. Прибавка составила 0,23-0,45 т/га или 26,4-51,7 %, наибольший урожай получен в варианте препарат +  $\frac{1}{2}$  P расчетной дозы – 1,32 т/га, что выше контроля на 0,45 т/га или на 51,7%.

**Элементы структуры урожая ярового ячменя.** Урожайность ярового ячменя зависит от густоты стеблестоя. Высокая продуктивность зерновых культур определяется сочетанием наибольшего количества колосьев на растении и среднего количества семян в колосе, массы 1000 семян и количества продуктивных стеблей на растении.

Анализ структуры урожая показал, что внесение доз препарата «Агробионов» на фоне  $\frac{1}{10}$  P оказало существенное влияние на формирование структуры урожая ярового ячменя. В частности, в удобренных вариантах количество растений ярового ячменя было существенно больше контроля 159-182 шт/м<sup>2</sup> (в контроле 138 шт/м<sup>2</sup>), общее количество стеблей 193–235 шт/м<sup>2</sup> (в контроле 153 шт/м<sup>2</sup>), продуктивных стеблей 184-229 шт/м<sup>2</sup> (в контроле 148 шт/м<sup>2</sup>); общая и продуктивная кустистость 1,22–1,29 (в контроле 1,12) и 1,19–1,25 (в контроле 1,08); высота растений 48,6–54,2 см (в контроле 45,7 см); длина колосков 5,4–6,3 см (в контроле 4,8 см); число колосков в колосе 13-14 шт (в контроле 12 шт.); масса тысяч зерен существенно не отличалась от контроля. Установлены прямые корреляционные связи элементов структуры урожая с дозами внесения агробионона, в частности, умеренная корреляционная связь с общим количеством стеблей ( $r=0,49$ ), с количеством продуктивных стеблей ( $r=0,38$ ) и длиной колоса ( $r=0,49$ ); заметная корреляционная связь с продуктивной

кустистостью ( $r=0,67$ ), высотой растений ячменя ( $r=0,63$ ) и числом колосков в колосе ( $r=0,55$ ) и тесная связь с общей кустистостью ячменя ( $r=0,79$ ) - таблица 22.

Таблица 22 – Структура урожая ярового ячменя в зависимости от доз внесения препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном, среднее за 2018-2020 гг.

№	Количество, шт/м <sup>2</sup>			Кустистость		Высота растения, см.	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г.
				общая	продукт.				
	растений	стеблей	продукт стеблей						
1	138	153	148	1,12	1,08	45,7	4,8	12	49,7
2	180	193	184	1,07	1,02	47,62	5,0	12	50,0
3	182	235	229	1,29	1,25	49,4	5,6	14	50,2
4	180	230	225	1,27	1,25	49,1	5,7	13	49,9
5	186	226	220	1,22	1,19	51,2	6,3	14	50,3
6	166	210	204	1,27	1,23	54,2	5,5	14	49,8
7	159	218	198	1,37	1,24	48,6	5,4	13	49,8
НСР 05	8,3	10,3	10,1	0,06	0,06	2,4	0,3	0,7	2,4
r	0,20	0,49	0,38	0,79	0,67	0,63	0,49	0,55	-0,06

Внесение доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» оказало положительное влияние на биологическую структуру урожая ярового ячменя. В среднем за три года число растений и число стеблей перед уборкой существенно увеличилось до 154-204 шт/м<sup>2</sup> (в контроле 146 шт/м<sup>2</sup>) и до 197–240 шт/м<sup>2</sup> (в контроле 186 шт/м<sup>2</sup>). Общая кустистость ячменя была существенно выше только в варианте фон + 1/5 P и составила 1,4 (в контроле 1,3).

В вариантах с дозами внесения «Агробионова» 100-500 кг/га продуктивная кустистость ячменя повысилась до 1,19 – 1,25 (в контроле 1,08), высота растений перед уборкой - до 49,6–52,2 см (в контроле 48,2 см), длина колоса - до 5,2-5,5 см (в контроле 4,8 см), число колосков в колосе – до 13-14 шт (в контроле 11 шт.). Масса 1000 зерен существенно не отличалась от контроля – 49,9-50,3 г (в контроле 50,0 г.) - таблица 23.

Таблица 23 - Структура урожая ярового ячменя в зависимости от доз внесения фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на черноземе обыкновенном, среднее за 2018-2020 гг.

№	Количество, шт/м <sup>2</sup>			Кустистость		Высота растения, см.	Длина колоса, см	Число колосков в колосе шт	Масса 1000 зерен, г.
	растений	стеблей	продуктивных стеблей	общая	продуктивная				
1	146	186	175	1,3	1,2	48,2	4,8	11	50,0
2	164	216	209	1,3	1,3	49,6	5,4	12	49,9
3	204	240	238	1,2	1,2	50,4	5,5	13	50,1
4	154	217	190	1,4	1,2	51,2	5,2	13	50,0
5	160	200	196	1,3	1,2	51,2	5,2	14	50,3
6	162	199	194	1,2	1,2	52,2	5,2	14	50,2
НСР <sub>05</sub>	8,4	10,4	10,2	0,07	0,06	2,5	0,3	0,7	2,6

### **3.5 Математическая модель связей дозы внесения золоуглеродного препарата «Агробионов» с показателями плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ярового ячменя**

О.Г. Пахомя, Л.М. Татаринцев (2004) отмечают, что моделирование почвенного плодородия позволяет поднять управление почвенным плодородием до уровня современных требований. Основой моделирования служат показатели свойств почвы, отражающих фактический уровень ее плодородия [186].

Нами использованы фактические экспериментальные данные, которые первоначально не были предназначены для построения модели почвенного плодородия. При этом учитывалось эффективное плодородие почвы, которое определялось внесением препарата «Агробионов» и фосфорного удобрения при возделывании ярового ячменя.



Е.Г. Пивоварова, А.О. Люцигер, С.В. Усенко и А.А. Гаркуша (2012) указывают, что управление эффективным плодородием почв сводится к научному обоснованию такого набора технологических параметров, при котором почвенные условия реализуются в максимальной степени [187].

В наших исследованиях оптимизация почвенных условий проводилась путем экспериментального установления оптимальной дозы внесения препарата «Агробинонов» 300 кг/га.

На основе результатов полевого опыта нами разработана математическая модель повышения эффективного плодородия чернозема обыкновенного путем внесения золоуглеродного препарата «Агробинонов».

Исследования показали, что под влиянием золоуглеродного препарата «Агробинонов» отмечалась оптимизация основных показателей плодородия почвы и повышение урожайности ярового ячменя. Улучшение агрофизических, биологических свойств и водного режима почвы в максимальной степени способствовало повышению ее эффективного плодородия.

Нами составлена матрица парной корреляции между элементами плодородия чернозема обыкновенного и формирования урожая ярового ячменя при внесении препарата «Агробинонов» в конкретных природно-климатических условиях степной зоны Северного Казахстана (таблица 24). При оценке степени корреляционной зависимости исследуемых факторов использовали следующую группировку коэффициента корреляции по Пирсону: очень сильная 0,91-1,00; весьма сильная 0,81-0,90; сильная 0,65-0,80, умеренная 0,45-0,64; слабая 0,25-0,44; очень слабая менее 0,25.

Расчеты показали обратную очень сильную и обратную весьма сильную корреляционную связь урожайности зерна ярового ячменя от содержания легкогидролизуемого азота в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=-0,96$ ) и величины рН водной вытяжки ( $r=0,85$ ); прямую весьма сильную корреляционную связь от водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,88$ ), запасов доступной влаги в почве фазу полной спелости ( $r=0,86$ ); в прямой сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве

в фазу кущения ( $r=0,80$ ), целлюлозоразлагающей активности почвы ( $r=0,74$ ), содержания подвижного фосфора в почве в фазу кущения ярового ячменя ( $r=0,69$ ) и содержания агрономически ценных частиц в слое почвы 0-20 см ( $r = 0,67$ ); в прямой умеренной корреляционной зависимости от сохранности растений ячменя ( $r=0,61$ ), водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,58$ ), от содержания общего азота в почве ( $r=0,55$ ), густоты стояния растений ячменя в фазу полных всходов ( $r=0,53$ ); в прямой слабой корреляционной зависимости от содержания доступной влаги в почве в фазу колошения ячменя ( $r = 0,44$ ).

Дозы внесения «Агробиона» определенно повлияли на исследуемые показатели почвенного плодородия и формирование урожая ячменя. Установлена прямая очень сильная корреляционная связь с водопрочностью почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r = 0,91$ ); прямая весьма сильная корреляционная связь с содержанием общего азота в почве ( $r = 0,90$ ), содержанием подвижного фосфора в почве в фазу кущения ячменя ( $r = 0,84$ ), содержанием легкогидролизующего азота в фазу колошения ячменя ( $r = 0,83$ ), целлюлозоразлагающей активностью бактерий в почве ( $r = 0,83$ ), содержанием органического углерода в почве ( $r = 0,82$ ); в прямой сильной корреляционной зависимости от густоты стояния растений ячменя в фазу полных всходов ( $r = 0,78$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,74$ ); в прямой умеренной корреляционной зависимости от водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см и содержанием агрономически ценных почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r = 0,62$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя ( $r = 0,54$ ); в прямой слабой корреляционной зависимости от сохранности растений ячменя перед уборкой ( $r = 0,44$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу колошения ячменя ( $r = 0,33$ ), содержания подвижного фосфора в фазу колошения ячменя ( $r = 0,30$ ).

Обеспеченность почвы легкогидролизующим азотом (0-40 см) в фазу кущения ячменя находилась в прямой очень сильной корреляционной связи с содержанием легкогидролизующего азота летом в фазу колошения ячменя ( $r=0,98$ ); в прямой весьма сильной корреляционной связи от густоты стояния

растений ячменя в фазу полных всходов ( $r=0,82$ ), водопрочности почвенных агрегатов в подпахотном слое 20-40 см ( $r=0,81$ ), содержания общего азота в почве ( $r=0,83$ ), густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,82$ ); в прямой сильной корреляционной зависимости от содержания подвижного фосфора в фазу колошения ячменя ( $r=0,77$ ), содержания доступной влаги в почве в фазу колошения ячменя ( $r = 0,76$ ), содержания подвижного фосфора в фазу кущения ячменя ( $r=0,67$ ), целлюлозоразлагающей активности бактерий в почве ( $r=0,57$ ), содержания подвижного фосфора в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,56$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,51$ ), содержания органического углерода в почве ( $r=0,49$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя ( $r=0,46$ ) и прямой слабой корреляционной зависимости от водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,29$ ).

А в фазу колошения ярового ячменя обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом в фазу колошения ячменя находилась в весьма сильной корреляционной зависимости, от содержания общего азота в почве ( $r=0,82$ ); в прямой сильной корреляционной зависимости от водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,80$ ), густоты стояния растений ( $r=0,77$ ), содержания подвижного фосфора в фазу колошения ( $r=0,76$ ), содержания подвижного фосфора в фазу кущения ( $r=0,65$ ); в прямой умеренной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в фазу колшения ( $r=0,64$ ), запасов органического углерода ( $r=0,59$ ), целлюлозоразлагающей активности ( $r=0,54$ ) и обратной умеренной корреляционной зависимости от сохранности растений ячменя перед уборкой ( $r = -0,54$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,46$ ) и содержания подвижного фосфора в фазу полной спелости ( $r=0,45$ ); в прямой слабой корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя ( $r=0,39$ ).

Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом осенью в фазу полной спелости ярового ячменя находилась в прямой весьма сильной корреляционной зависимости от величины рН почвенной среды ( $r=0,82$ ). Установлена прямая

слабая корреляционная зависимость от содержания подвижного фосфора в фазу колошения ярового ячменя ( $r=0,34$ ).

Обеспеченность почвы подвижным фосфором в фазу кущения ярового ячменя находилась в прямой очень сильной корреляционной зависимости от водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,96$ ) и содержания общего азота в почве ( $r=0,92$ ); прямой весьма сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,89$ ), целлюлозоразлагающей активности почвы ( $r=0,86$ ), водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20см ( $r=0,83$ ) и густоты стояния растений ячменя ( $r=0,82$ ); прямой сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя ( $r=0,79$ ) и содержания агрономически ценных почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,72$ ); в прямой слабой корреляционной зависимости от содержания органического углерода в почве ( $r=0,40$ ).

Обеспеченность почвы подвижным фосфором в фазу колошения ярового ячменя находилась в прямой сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу колошения ячменя ( $r=0,67$ ); прямой умеренной корреляционной зависимости от содержания подвижного фосфора в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,58$ ), густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,45$ ); в прямой слабой корреляционной зависимости от содержания общего азота в фосфоре ( $r=0,41$ ) от водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,39$ ).

Обеспеченность почвы подвижным фосфором в фазу полной спелости ярового ячменя находилась в прямой весьма сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу его колошения ( $r=0,86$ ). Установлена прямая слабая корреляционная зависимость от запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя ( $r=0,44$ ) и содержания общего азота в почве ( $r=0,38$ ).

Величина рН водной суспензии находилась в прямой умеренной корреляционной зависимости от содержания органического углерода в почве ( $r=0,50$ ).

Содержание органического углерода в почве находилось в прямой умеренной корреляционной зависимости от целлюлозоразлагающей активности почвы ( $r=0,56$ ), содержания общего азота в почве и водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,52$ ), содержания агрономически ценных почвенных агрегатов ( $r=0,47$ ). Установлена прямая слабая корреляционная зависимость от густоты стояния растений в фазу полных всходов ярового ячменя ( $r=0,43$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=0,38$ ).

Содержание общего азота в почве находилось в прямой очень сильной корреляционной зависимости от водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,99$ ); в прямой весьма сильной корреляционной зависимости от целлюлозоразлагающей активности почвы ( $r=0,89$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=0,88$ ) и в фазу кущения ( $r=0,82$ ); в прямой сильной корреляционной зависимости от густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,79$ ), водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,76$ ). Установлена прямая умеренная корреляционная зависимость от запасов доступной влаги в почве в фазу колошения ярового ячменя ( $r=0,62$ ) и содержания агрономически ценных почвенных агрегатов ( $r=0,50$ ).

Целлюлозоразлагающая активность почвы находилась в прямой очень сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=0,98$ ), водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,92$ ); в прямой весьма сильной корреляционной зависимости от водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,89$ ), запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ярового ячменя ( $r=0,84$ ). Установлена прямая сильная корреляционная зависимость от содержания агрономически ценных почвенных агрегатов ( $r=0,70$ ) и густоты стояния растений ( $r=0,69$ ). Выявлена

Таблица 24 – Матрица парной корреляции между факторами плодородия почвы и формированием урожая ячменя

	y	x1	x21	x22	x23	x31	x32	x33	x4	x5	x6	x7	x8	x91	x92	x101	x102	x103	x11	x12
y	1																			
x1	0,32	1																		
x21	0,17	0,79	1																	
x22	0,06	0,83	0,98	1																
x23	-0,96	-0,21	-0,04	0,07	1															
x31	0,69	0,84	0,67	0,65	-0,57	1														
x32	-0,23	0,30	0,77	0,76	0,34	0,28	1													
x33	0,16	0,06	0,56	0,45	0	0,11	0,58	1												
x4	-0,85	0	-0,04	0,09	0,82	-0,53	0,03	-0,20	1											
x5	-0,06	0,82	0,49	0,59	0,10	0,40	0,01	-0,19	0,50	1										
x6	0,55	0,90	0,83	0,82	-0,37	0,92	0,41	0,38	-0,33	0,52	1									
x7	0,74	0,83	0,57	0,54	-0,60	0,86	-0,02	0,19	-0,38	0,56	0,89	1								
x8	0,67	0,62	0,17	0,18	-0,74	0,72	-0,33	-0,44	-0,39	0,47	0,50	0,70	1							
x91	0,88	0,62	0,29	0,25	-0,76	0,83	-0,22	0,05	-0,63	0,29	0,76	0,92	0,74	1						
x92	0,58	0,91	0,81	0,80	-0,42	0,96	0,39	0,29	-0,37	0,52	0,99	0,89	0,58	0,77	1					
x101	0,80	0,54	0,46	0,39	-0,59	0,79	0,11	0,44	-0,67	0,09	0,82	0,84	0,39	0,89	0,80	1				
x102	0,44	0,33	0,76	0,64	-0,33	0,49	0,67	0,86	-0,46	-0,09	0,62	0,41	-0,02	0,28	0,58	0,57	1			
x103	0,86	0,74	0,51	0,46	-0,72	0,89	-0,02	0,21	-0,57	0,38	0,88	0,98	0,71	0,97	0,88	0,91	0,47	1		
x11	0,53	0,78	0,82	0,77	-0,52	0,82	0,45	0,26	-0,35	0,43	0,79	0,69	0,62	0,52	0,83	0,48	0,68	0,69	1	
x12	0,61	-0,44	-0,40	-0,54	-0,70	-0,13	-0,52	0,18	-0,58	-0,50	-0,23	0,07	0,14	0,25	-0,22	0,19	0,18	0,18	-0,05	1

зеленая положительно и тесная

светло красная отрицательная и тесная

желтая связь заметная и положительная

красная граница связь заметная отрицательная

у и x7

у и x91

у и x101

у и x103

связь сильная и прямая

связь сильная и прямая

связь сильная и прямая

связь сильная и прямая

у и x23

у и x4

связь сильная и обратная

связь сильная и обратная

Таблица 25 – Условные обозначения, использованные в таблице 24

№	Условное обозначение	Наименование показателя	Единица измерения
1.	У	Урожайность ячменя	т/га
2.	X <sub>1</sub>	Дозы внесения «Агробионов»	кг/га
3.	X <sub>21</sub>	Содержание легкогидролизуемого азота в почве в фазу кущения ячменя	мг/кг
4.	X <sub>22</sub>	содержание легкогидролизуемого азота в почве в фазу колошения ячменя	мг/кг
5.	X <sub>23</sub>	содержание легкогидролизуемого азота в почве в фазу полной спелости ячменя	мг/кг
6.	X <sub>31</sub>	содержание подвижного фосфора в фазу кущения ячменя	мг/кг
7.	X <sub>32</sub>	содержание подвижного фосфора в фазу колошения ячменя	мг/кг
8.	X <sub>33</sub>	содержание подвижного фосфора в фазу полной спелости ячменя	мг/кг
9.	X <sub>4</sub>	рН водной вытяжки	-
10.	X <sub>5</sub>	содержание органического углерода в почве	мг/кг
11.	X <sub>6</sub>	содержание общего азота в почве	мг/кг
12.	X <sub>7</sub>	целлюлозоразлагающая активность в почве	%
13.	X <sub>8</sub>	содержание агрономический ценных почвенных агрегатов в слое 0-20 см	%
14.	X <sub>91</sub>	водопрочность почвенных агрегатов в слое 0-20 см.	%
15.	X <sub>92</sub>	водопрочность почвенных агрегатов в слое 20-40 см.	%
16.	X <sub>101</sub>	запасы доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя	мм/м
17.	X <sub>102</sub>	запасы доступной влаги в почве в фазу колошения ячменя	мм/м
18.	X <sub>103</sub>	запасы доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя	мм/м
19.	X <sub>11</sub>	густота стояния растений ячменя в фазу полных всходов	шт/м <sup>2</sup>
20.	X <sub>12</sub>	сохранность растений ячменя	%

слабая корреляционная зависимость от запасов доступной влаги в почве в фазу колошения ярового ячменя ( $r=0,41$ ).

Содержание агрономический ценных почвенных агрегатов находилось в прямой сильной корреляционной зависимости от водопрочности почвенных

агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,74$ ) и запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,71$ ). Установлена прямая умеренная корреляционная зависимость от густоты стояния растений в фазу полных всходов ярового ячменя ( $r=0,62$ ), водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,58$ ). Выявлена прямая слабая корреляционная зависимость от запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя ( $r=0,39$ ).

Водопрочность почвенных агрегатов в слое почвы 0-20 см находилась в прямой очень сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=0,97$ ). Установлена прямая весьма сильная корреляционная связь от запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ярового ячменя ( $r=0,89$ ); прямая сильная корреляционная зависимость от водопрочности почвенных агрегатов в слое 20-40 см ( $r=0,77$ ). Выявлена прямая умеренная корреляционная зависимость от густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,52$ ). Водопрочность почвенных агрегатов в слое почвы 20-40 см находилась в прямой весьма сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=0,88$ ) и густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,83$ ); в прямой сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу кущения ( $r=0,80$ ). Выявлена прямая умеренная корреляционная зависимость от запасов доступной влаги в почве в фазу колошения ярового ячменя ( $r=0,58$ ).

Запасы доступной влаги в почве в фазу кущения ярового ячменя находились в прямой очень сильной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ярового ячменя ( $r=0,91$ ). Установлена прямая умеренная корреляционная зависимость от запасов доступной влаги в почве в фазу колошения ярового ячменя ( $r=0,57$ ) и густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,48$ ). Запасы доступной влаги в фазу колошения ярового ячменя находились в прямой сильной корреляционной зависимости от густоты стояния растений в фазу полных всходов ( $r=0,68$ ) и прямой умеренной корреляционной зависимости от запасов доступной влаги в почве в фазу полной спелости ячменя ( $r=0,47$ ). Запасы доступной влаги в почве в фазу полной спелости



ярового ячменя находились в прямой сильной корреляционной зависимости от густоты стояния растений в фазу полных всходов ячменя ( $r=0,69$ ).

Описанная выше математическая модель подтверждает, что показатели почвенного плодородия почвы находились во взаимосвязи и взаимозависимости между собой и величиной урожая ярового ячменя.

По данным матрицы парных корреляционных связей показателей почвенного плодородия и урожайности зерна ярового ячменя вывели следующее уравнение линейной множественной регрессии с уровнем значимости 05:

$$Y = -3,405 - 0,045 X_1 + 0,003 X_2 - 0,002 X_3 + 0,01 X_4, \text{ где}$$

$Y$  – урожайность зерна ячменя, т/га;

$X_1$  – доза препарата «Агробионов», т/га;

$X_2$  – целлюлозоразлагающая активность почвы, %;

$X_3$  – водопрочность почвенных агрегатов, 0-20 см, %;

$X_4$  – запасы доступной влаги в почве в фазу кущения ярового ячменя, мм/м.

В формулу вошли параметры  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ , изменение параметров которых в большей степени влияет на величину урожая ярового ячменя. Остальные показатели имеют мультипликативный эффект, то есть изменения показателей плодородия почвы в равновесном уровне влияния на урожайность ярового ячменя в большей степени, чем инициирующие ее изменения при внесении препарата «Агробионов». Статистические критерии достоверности приведенной формулы составляет 05.

По указанной выше формуле рассчитали теоретическую величину урожайности зерна ячменя, результаты которых приведены в таблице 26.

Значение фактической и расчетной урожайности на контрольном варианте не отличалось, в вариантах фон + «Агробионов» 200 кг/га отличалось на -0,01 т/га, в варианте фон + «Агробионов» 100 кг/га - на -0,03 т/га, в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – на -0,05 т/га, в варианте фон + «Агробионов» 400 кг – на 0,06 т/га, в варианте фон + «Агробионов» 500 кг/га – на 0,23 т/га. В вариантах с дозами внесения препарата «Агробионов» от 100 до 400 кг/га отклонение расчетной урожайности от фактической составляло от -3,33 до +4,31%.

Таблица 26 – Фактическая и расчетная урожайность зерна ярового ячменя по дозам внесения препарата «Агробионов»

Вариант	Целлюлозоразлагающая активность, %	Водопрочность почв. Агрегатов, %	Запасы доступной влаги в почве в фазу кущения, мм/м	Урожайность зерна ярового ячменя, т/га	
				факт.	теорет.
Контроль б/у и препарата	23,6	27,3	157,7	1,09	1,09
фон + 100 кг/га	34,8	51,3	164,5	1,47	1,44
Фон + 200 кг/га	39,5	60,7	175	1,44	1,45
фон + 300 кг/га	43,1	57	175,8	1,50	1,45
фон + 400 кг/га	38,6	52,7	170,6	1,39	1,45
фон + 500 кг/га	43,5	54,7	167,6	1,09	1,32

Исключение составлял вариант фон + «Агробионов» 500 кг/га, где величины теоретической и фактической урожайности существенно разнятся. При данной дозе, как было указано в предыдущих разделах, эффективность препарата «Агробионов» снижается, коэффициент корреляции между ними  $R=0,85$ , коэффициент детерминации  $R^2=0,72$ , а фактическое значение критерия Фишера меньше табличного для уровня значимости 0,05 ( $F_{\text{факт}} = 1,71$   $F_{\text{теор}} = 5,05$ ), что означает отсутствие статистически значимых различий между фактическими и расчетными значениями.

#### **4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЗ ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ И ЗОЛОУГЛЕРОДНОГО ПРЕПАРАТА «АГРОБИОНОВ» НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

##### **4.1 Экотоксикологическая оценка применения доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов в почве и зерне ячменя**

В настоящее время в Северном Казахстане на землях сельскохозяйственного назначения не наблюдается загрязнение почв тяжелыми металлами. Исследованиями А.Т. Хусаинова (2012) установлено только локальное загрязнение почв тяжелыми металлами в близлежащих территориях уранодобывающих предприятий [188].

Результаты наших исследований показали экологическую безопасность применения золоуглеродного препарата, произведенного из местных, доступных, дешевых отходов производства (золошлака и технического углерода) для удобрения почв на посевах ярового ячменя по содержанию тяжелых металлов в почве и зерне ячменя.

Так, в вариантах внесения золоуглеродного препарата «Агробионов» содержание свинца в почве возрастало, в зависимости от дозы, до 2,10-2,60 мг/кг (в контроле 0,56 мг/кг), но не превышало предельно-допустимую концентрацию (ПДК 32 мг/кг). Установлена прямая заметная корреляционная связь содержания свинца в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции составил 0,63. Содержание кадмия, мышьяка и ртути в почве было ниже пределов обнаружения прибора. На удобренных вариантах содержание цинка в почве было на уровне контроля и даже ниже 0,20-0,40 мг/кг (в контроле 0,37 мг/кг). В контрольном варианте обнаружены только следы меди, а на удобренных вариантах её содержание возросло до 0,20–0,64 мг/кг, однако это значительно ниже значения ПДК 55,0 мг/кг (таблица 27).

Таблица 27 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание тяжелых металлов в почве и зерне ярового ячменя, среднее за 2018-2020 гг.

№	Вариант	Объект	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
			Pb	Cd	Zn	Cu	As	Hg
1	Контроль - без удобрения препарата	Почва	0,56	0,0	0,37	0,00	0,0	0,0
		Зерно	0,32	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
2	P <sub>7</sub> - 1/10 (фон)	Почва	0,54	нпо	0,40	0,20	нпо	нпо
		Зерно	0,32	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
3	Фон + препарат 100 кг/га	Почва	2,60	нпо	0,39	0,64	нпо	нпо
		Зерно	0,33	нпо	0,00	0,00	нпо	нпо
4	Фон + препарат 200 кг/га	Почва	2,50	нпо	0,37	0,46	нпо	нпо
		Зерно	0,36	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
5	Фон+ препарат 300 кг/га	Почва	2,40	нпо	0,35	0,48	нпо	нпо
		Зерно	0,37	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
6	Фон + препарат 400 кг/га	Почва	2,10	нпо	0,31	0,21	нпо	нпо
		Зерно	0,37	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
7	Фон + препарат 500 кг/га	Почва	2,30	нпо	0,20	0,20	нпо	нпо
		Зерно	0,47	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	ПДК	Почва	32,0	0,001	1,0	55,0	2,0	2,1
		Зерно	0,50	0,03	н/н	0,03	0,2	0,02
	Коэф.корреляции	Почва	0,63	нпо	-0,87	0,05	нпо	нпо
		Зерно	0,90	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо

\*НПО – ниже пределов обнаружения

Внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением способствовало увеличению содержания свинца в почве, в зависимости от дозы удобрений, до 1,3-1,7 мг/кг (в контроле 0,89 мг/кг), но не превышало ПДК – 32 мг/кг (таблица 28).

Установлена прямая заметная корреляционная связь содержания свинца в почве с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,44. На удобренных вариантах содержание цинка в почве не превышало контрольного варианта (1,6 мг/кг) и составило, в зависимости от дозы удобрений, в пределах 1,0-2,3 мг/кг; а содержание меди возросло до 0,14-2,1 мг/кг (на контроле – 0,1 мг/кг), но не превышало значения ПДК – 55 мг/кг.

Таблица 28 – Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на содержание тяжелых металлов в почве и зерне ярового ячменя, среднее за 2018-2020 гг.

№	Вариант	Объект	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
			Pb	Cd	Zn	Cu	Ag	Hg
1	Контроль без и удобрения препарата	почва	0,89	нпо	1,6	0,10	нпо	нпо
		зерно	0,25	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
2	Агробионов 100 кг/га- фон	почва	1,30	нпо	1,1	0,10	нпо	нпо
		зерно	0,33	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
3	Фон + P <sub>7</sub>	почва	1,1	нпо	1,7	0,14	нпо	нпо
		зерно	0,30	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
4	Фон + P <sub>14</sub>	почва	1,7	нпо	2,3	2,10	нпо	нпо
		зерно	0,35	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
5	Фон + P <sub>34</sub>	почва	1,4	нпо	1,7	1,80	нпо	нпо
		зерно	0,38	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
6	P <sub>68</sub>	почва	1,4	нпо	1,0	0,10	нпо	нпо
		зерно	0,43	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	ПДК	почва	32,0	0,001	1,0	55,0	2,0	2,1
		зерно	0,50	0,03	н/н	0,03	0,2	0,02
	Коэф.корреляции	почва	0,44	нпо	-0,65	0,02	нпо	нпо
		зерно	0,93	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо

\*НПО – ниже пределов обнаружения

Содержание свинца в зерне ярового ячменя в контроле составило 0,25 мг/кг. В удобренных вариантах, с возрастанием дозы удобрений от 1/10 до полной расчетной дозы, наблюдалась тенденция увеличения содержания свинца в зерне ярового ячменя от 0,30 до 0,43 мг/кг. Но показатели не превышали ПДК 0,5 мг/кг. Установлена прямая очень тесная корреляционная связь содержания свинца в зерне с дозами внесения фосфорного удобрения: коэффициент корреляции составил 0,93. Содержание кадмия, цинка, меди, мышьяка и ртути в зерне ярового ячменя находилось ниже пределов обнаружения.

Таким образом, внесение препарата «Агробионов» в изученных дозах не представляет экологическую опасность.

## **4.2 Экономическая эффективность применения доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ячменя**

Цена минеральных удобрений на рынке Казахстана высокая, что ограничивает возможности их приобретения сельхозтоваропроизводителями. Например, суперфосфат двойной, гранулированный в оптовом рынке по состоянию на 04.02.2023 г. стоил 89000 руб./т (стоимость его в дозе 20 кг д.в. составила 4272 руб., а стоимость золоуглеродного препарата «Агробионов» при дозе 100 кг/га – 600 руб., что в 7,1 раза дешевле. Следует отметить, что на рынке удобрений РК потребность аграриев в удобрениях растет, но объемы закупок удобрений и покупательская активность снижаются в пределах всего рынка. Это связано с ростом цен на удобрения, транспортными издержками [189].

Исследуемый нами препарат «Агробионов» представляет рыночную и потребительскую привлекательность. Преимущества его заключаются в доступности, низкой стоимости, высокой рентабельности применения, экологической безопасности.

Экономическую эффективность применения доз препарата «Агробионов» и внесения его совместно с фосфорным удобрением при возделывании ярового ячменя оценивали по величине урожайности, себестоимости 1 тонны зерна, стоимости валового сбора зерна, чистому доходу и рентабельности. В производственные затраты на возделывание ярового ячменя в соответствии с принятой агротехнологией включены: оплата труда, стоимость семян и ГСМ, агротехнических работ, амортизация и технический уход, а также прочие затраты.

Прямые затраты на возделывание 1 га ярового ячменя составили 7302 руб., во всех вариантах опыта. Стоимость золоуглеродного препарата «Агробионов», согласно, ценового предложения, составила 6 руб./кг, суперфосфата двойного гранулированного 89 руб./кг, что дороже исследуемого препарата в 14,8 раза. Расчетные дозы минеральных удобрений составили 68 кг/га, в переводе на физический вес 162 кг/га. Стоимость внесения полной расчетной дозы равна

14418 руб. Закупочная цена 1 тонны ярового ячменя по состоянию на 04.02.2023 года по Акмолинской области составила 13323 руб. (таблица 29-30).

Таблица 29 - Экономическая эффективность применения доз препарата «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, в среднем за 2018-2020 гг.

Показатели	Контроль	P <sub>7</sub> - 1/10 (фон)	Дозы «Агробионина», кг/га				
			100	200	300	400	500
Урожайность, т/га	1,09	1,21	1,47	1,44	1,50	1,39	1,31
Затраты на удобрения, руб /га	0,0	1513	2113	2713	3313	3913	4513
Производственные затраты, руб/га	7302	8815	9415	10015	10615	11215	11815
Стоимость продукции, руб/га	14522	16121	19585	19185	19984	18519	17453
Себестоимость 1 т, руб/га	6699	7285	6405	6955	7077	8068	9019
Чистый доход, руб/га	7220	7306	10170	9170	9369	7304	5638
Рентабельность, %	98,9	82,9	108,0	91,6	88,2	65,1	47,7

Расчеты показали высокую экономическую эффективность внесения препарата «Агробионов». При этом с увеличением дозы препарата от 100 кг/га до 300 кг/га объем произведенной продукции с 1 га в стоимостном выражении возрастает от 19585 до 19984 руб. (в контроле 14522 руб.), но чистый доход снижается от 10170 до 9170 руб. в зависимости от дозы препарата «Агробионов». Наибольший экономический эффект получен в варианте фон + «Агробионов» 100 кг/га, где выход продукции составил – 19585 руб., себестоимость 1 тонны ярового ячменя – 6405 руб., чистый доход – 10170 руб/га и уровень рентабельности – 108 % (в контроле 98,9 %).

Снижение уровня рентабельности производства ярового ячменя с 108,0 % до 47,7 %, в связи с возрастанием доз внесения препарата «Агробионов» от 100 до

500 кг/га объясняется возрастанием прямых затрат, в основном, затрат на транспортировку и внесение от 9415 руб./га до 11815 руб./га.

Таблица 30 – Экономическая эффективность доз внесения фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов» на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, среднее за 2018-2020 гг.

Показатели	Контроль	«Агробионов» 100 кг/га - фон	Фон + дозы P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/га д.в.			
			7 (17)	14 (33)	34 (81)	68 (162)
Урожайность, т/га	0,87	0,96	1,15	1,11	1,32	1,10
Затраты на удобрения, руб /га	0,0	600	2113	3537	7809	15018
Производственные затраты, руб/га	7302	7902	9415	10839	15111	22320
Стоимость продукции, руб/га	11591	12790	15321	14788	17586	14655
Себестоимость 1 т, руб/га	8393	8231	8187	9765	11447	20291
Чистый доход, руб/га	4289	4888	5906	3949	2475	-7665
Рентабельность, %	58,7	61,8	62,7	36,4	16,4	

Совместное внесение доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» 100 кг/га дает также хороший экономический эффект. В удобренных вариантах увеличились объемы произведенной продукции и составили в стоимостном выражении от 12790 до 17586 руб./га, наибольший выход продукции был получен в варианте «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> – 17586 руб./га. Но с увеличением доз фосфорного удобрения от P<sub>7</sub> до P<sub>68</sub> производственные затраты возросли от 9415 до 22320 руб./га. В связи с этим возросла и себестоимость 1 тонны ярового ячменя от 8187 до 20291 руб./т. Соответственно снизился и чистый доход от 5906 руб/га до 2475 руб./га, а в варианте P<sub>68</sub> получен убыток в размере 7665 руб./га, что отразилось на уровне рентабельности. Наибольший экономический эффект обеспечивал вариант



«Агробинон» 100 кг/га + P<sub>7</sub>, где получен максимальный чистый доход – 5096 руб./га и высокий уровень рентабельности – 62,7 % (в контроле 58,7 %).

Таким образом, применение золоуглеродного препарата «Агробинон» на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя экологически безопасно и экономически целесообразно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В среднем за три года в фазу кущения ярового ячменя содержание легкогидролизуемого азота в вариантах фон + «Агробионов» 300, 400 и 500 кг/га было достоверно выше контроля и составило соответственно 12,4 мг/кг, 12,5 и 11,8 мг/кг (в контроле 10,2 мг/кг). В вариантах внесения препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения от P<sub>7</sub> до P<sub>68</sub> содержание легкогидролизуемого азота повысилось от 11,3 до 13,0 мг/кг (в контроле 10,2 мг/кг). Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в фазу кущения ярового ячменя в вариантах «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> и P<sub>68</sub> повысилось до 5,7 и 5,4 мг/кг (в контроле 3,5 мг/кг). Оптимальный фосфорный режим установился в вариантах «Агробионов 100 кг/га + P<sub>34</sub> и P<sub>68</sub> – 6,7 и 7,0 мг/кг (в контроле 4,4 мг/кг).

Наибольшие запасы легкогидролизуемого азота содержались в вариантах фон + «Агробионов» 300 кг/га - 54,6 кг/га (12,1 мг/кг) и «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> – 53,2 кг/га или 12,1 мг/кг. (в контроле – 42,2 кг/га или 9,6 мг/кг). Коэффициент использования легкогидролизуемого азота из почвы (КИП), повысился в вариантах с дозами внесения «Агробионина» от 100 до 400 кг/га - до 56 - 59 % (в контроле – 47 %).

Внесение препарата в дозах 100-500 кг/га способствовало увеличению общей численности микроорганизмов в почве до 204-387 млн. КОЕ/г, максимальная численность микроорганизмов установлена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 387 млн. КОЕ/г (в контроле 107 млн. КОЕ/г). Возросли численность бактерий, утилизирующие органические соединения азота до 33,9-53,7 млн. КОЕ/г (в контроле 22,9 млн. КОЕ/г), количество микроорганизмов, потребляющих азот - до 26,5-35,0 млн. КОЕ/г. (в контроле 16,5 млн. КОЕ/г), олигонитрофилов - до 68,8-183,0 млн. КОЕ/г (в контроле – 37,4 млн. КОЕ/г), фосфоромобилизующих микроорганизмов до 62,8-247,8 тыс. КОЕ/г (в контроле – 30,8 тыс. КОЕ/г), целлюлозоразлагающих бактерий до 100,2-127,7 тыс. КОЕ/г (в контроле 66,5 тыс. КОЕ/г), численность нитрификаторов – до 0,26-0,70 тыс. КОЕ/г (в контроле – 0,14 тыс. КОЕ /г), грибов – до 24,3-27,1 тыс. КОЕ/г (в

контроле 17,8 тыс. КОЕ/г. Максимальная численность вышеуказанных групп микроорганизмов установлена на варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га. Наибольшая активность разложения льняного полотна установлена в вариантах,  $P_7$  + «Агробионов» 500 кг/га – 43,41 % (в контроле 23,23 %); «Агробионов» 100 кг/га +  $P_{34}$  – 34,30 % и «Агробионов» 100 кг/га +  $P_{14}$  – 33,62 % (в контроле 21,77%).

Наибольшее повышение агрономический ценных почвенных агрегатов (0,25-10мм) установлено в вариантах  $P_7$  + «Агробионов» 300 кг/га – 65,0 % и  $P_7$ + «Агробионов» 400 кг/га – 67,2 % (в контроле 58,4 %): коэффициент структурности составил 1,9 и 2,0 (в контроле 1,4). Максимальная водопрочность почвенных агрегатов в слое почвы 0-20 см установлена в вариантах «Агробионов» 200, 300, 400 и 500 кг/га – 60,7, 57,0, 52,7 и 54,7 % (в контроле 27,3 %); в слое 20-40 см - в вариантах «Агробионов» 300, 400 и 500 кг/га – 50,0, 52,7 и 49,3 % (в контроле 28,7%). В условиях 2019 года в фазу кущения ярового ячменя запасы доступной в почве в вариантах доз внесения фосфорного удобрения повысились до 100,8-11,4 мм/м (в контроле 94,6 мм/м).

2. Предпосевная обработка семян ячменя 10 %-ой водной суспензией препарата «Агробионов» повысила лабораторную всхожесть семян до 92,5% (в контроле 63,5%); длины побегов до 119 мм (в контроле 68 мм); длины корешков до 7,4 мм (в контроле 5,7 мм); индекса фитоактивности до 1,59.

В среднем за три года максимальный урожай получен в вариантах фон + препарат «Агробионов» 300 кг/га – 1,50 т/га, что выше контроля на 37,6 % (в контроле 1,09 т/га) и «Агробионов» +  $P_{34}$  – 1,32 т/га, что выше контроля на 0,45 т/га или на 51,7 % (в контроле 0,87 т/га)

3. Расчеты показали прямую очень сильную и весьма сильную корреляционную связь урожайности зерна ярового ячменя от содержания легкогидролизуемого азота в почве в фазу полной спелости ярового ячменя  $r = 0,96$ , водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см ( $r=0,88$ ), запасов доступной влаги в почве фазу полной спелости ( $r=0,83$ ), величины рН водной вытяжки  $r = 0,85$ ; в прямой сильной корреляционной зависимости от запасов

доступной влаги в почве в фазу кущения ( $r=0,80$ ), целлюлозоразлагающей активности почвы ( $r=0,74$ ), содержания подвижного фосфора в почве в фазу кущения ярового ячменя  $r = 0,69$  и содержания агрономически ценных частиц в слое почвы 0-20 см  $r = 0,67$ ;

4. Установлена экологическая безопасность применения препарата «Агробинонов» в дозах 100-500 кг/га и фосфорного удобрения в дозах 7-68 кг/га: содержание свинца в почве составило 2,1-2,6 мг/кг (в контроле 0,56 мг/кг) и 1,3-1,7 мг/кг (в контроле 0,89 мг/кг) при ПДК – 32 мг/кг; в зерне ярового ячменя - 0,33-0,47 мг/кг (в контроле 0,32 мг/кг) и 30-0,43 мг/кг (в контроле 0,25 мг/кг) при ПДК 0,50 мг/кг.

5. Наибольший экономический эффект получен в варианте  $P_7 +$  «Агробинонов» 100 кг/га, где выход продукции составил 19615 руб. руб./га, себестоимость 1 тонны ярового ячменя – 6341 руб., чистый доход – 10294 руб./га и уровень рентабельности – 110,4 % (в контроле 99,2 %).

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

После включения золоуглеродного препарата «Агробинон» в перечень пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для реализации на территории Республики Казахстан, утвержденный Министерством сельского хозяйства РК для воспроизводства плодородия почвы и получения максимального урожая рекомендуется внесение препарата «Агробинон» в дозе 300 кг/га на фоне 1/10 расчетной дозы фосфорного удобрения на черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя в Северном Казахстане.

Для достижения рентабельности производства ячменя 108 % рекомендуется внесение золоуглеродного препарата «Агробинон» в дозе 100 кг/га на фоне 1/10 расчетной дозы фосфорного удобрения.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ**

Научно-практический интерес представляет изучение последствий золоуглеродного препарата «Агробионов» при возделывании сельскохозяйственных культур, а также разработка и изучение эффективности применения комплексного удобрения, произведенного на основе исследуемого препарата с добавлением фосфоросодержащих материалов.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Юмагулова А.Н. Плодородие почв, пути его регулирования / А.Н. Юмагулова. - Алма-Ата: Кайнар, 1986. - 24с.
2. Кененбаев С.Б. Сохранение плодородия почвы - важнейшая проблема земледелия / С.Б. Кененбаев // Вестник с.-х. науки Казахстана. - 2003. - №12. - С. 25-26.
3. Киреев А.К. Повышение плодородия почв и урожайности зерновых культур пути биологизации богарного земледелия /А.К. Киреев // Вестник с.-х. науки Казахстана. - 2000. - № 3. - С.29-32.
4. Сапаров А.С. Пути повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и плодородия почв в условиях рынка / А.С. Сапаров // Вестник с.-х. науки Казахстана. - 2002. - № 8. - С.27-29.
5. Аханов Ж.У. Аналитическая записка о тенденции развития почвенной науки / Ж.У. Аханов // Почвоведение и агрохимия. - 2008. - № 1. – С. 6-13.
6. Сайт: [http:// agrotnk.kz/press-tsentr/agrarnye-novosti / 1278 /](http://agrotnk.kz/press-tsentr/agrarnye-novosti/1278/). info@agrotnk.kz Аграрные новости.
7. Хусаинов А.Т. Агроэкологическое состояние черноземных почв Северного Казахстана: Монография / А.Т. Хусаинов, К.Х. Сейдалина. - Кокшетау, 2011. – 120с.
8. Елешев Р.Е. Современное состояние производства и применения минеральных удобрений, основные направления агрохимических исследований в мире. Национальный доклад по науке за 2010 г /Р.Е. Елешев. - Алматы, 2011. - Том 2. – С. 429-441.
9. Сайт <https://kaztag.kz/ru/news/mskh-poryadka-500-tys-tonn-mineralnykh-udobreniy-vnosyat-v-rk-pri-potrebnosti-2-5-mln-tonn>
10. Сапаров А.С. Производство и применение минеральных удобрений в Казахстане / А.С. Сапаров. – Тараз. - 2004, с. 65-72.
11. Сайт: <https://www.agroinvestor.ru/regions/news/29575-obem-vneseniya-udobreniy-vyrastet-v-dva-raza/>

12. Елешев Р.Е., Минеральное питание, как фактор повышения продуктивности масличных культур и плодородия почв / Р.Е. Елешев, А.К. Умбетов, Р.Х. Рамазанова // Перспективные технологии возделывания масличных, зернобобовых культур и регулирование плодородия почвы: Материалы Международной научно-практической конференции. - Алматы, 2013. – С.26-35.

13. Крыгин В. Казахстан: надо повышать плодородие почвы /В. Крыгин // сайт: Qazag Zerno. Сайт: <https://kazakh-zerno.net/102522-kazakhstan-neobkhodimopovyshat-plodorodie-pochvy/>

14. Maiti, D., Prasad, B. 2016, Revegetation of fly ash – a review with emphasis on grass-legume plantation and bioaccumulation of metals, Applied ecology and environmental research 14(2):185-212.

15. Ахмедьянов А.У. Вторичная переработка отходов (золошлаков) промышленных предприятий / А.У. Ахмедьянов, К.Ж. Киргизбаева, Г.И. Туреханова. Сайт: [http://www.rusnauka.com/19\\_AND\\_2012/Tecnic/10\\_114203.doc.htm](http://www.rusnauka.com/19_AND_2012/Tecnic/10_114203.doc.htm)

16. «Экология» – отходы производства и методы их использования. Ассоциация профессиональных экологов Казахстана, 2017 / Сайт: <http://apek-ecology.kz/blog/otkhody-proizvodstva-i-metody-ikh-ispolzovaniya.html>

17. Ермагамбет Б.Т. Технология переработки золошлаковых отходов Казахстана / Б.Т. Ермагамбет, Н.У. Нургалиев, Ж.М. Касенова, Р.К. Урлибай и др. Сайт <https://nur.nu.edu.kz/handle/123456789/4942?show=full>

18. Хусаинов А.Т. Маркетинговое исследование возможности использования золошлаков в качестве удобрения на аграрном рынке северных регионов Казахстана /А.Т. Хусаинов, А.Ж. Искаков, В.А. Тарчуков, Е.Ж. Айшук // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина. - 2018. - № 2 (97). - С.94-102.

19. Хлебов А.Т. Использование золошлаков – экологичность энергопроизводства / А.Т. Хлебов //Энергетика и промышленность России. – 2010. - № 4 - С. 1-14.



20. Гребенщикова Е.А. Влияние золошлака на свойства почв и содержание тяжелых металлов при использовании его в качестве мелиоранта: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Е.А. Гребенщикова. - Владивосток, 2007. – 18 с.

21. Кирпичников Н.А. Эффективность применения фосфорных удобрений на известкованной дерново-подзолистой почве при возделывании зерновых культур / Н.А. Кирпичников, С.П. Бижан // Плодородие. – 2021. - № 2. – С. 48 – 51.

22. Гринец Л.В. Эффективность использования минеральных удобрений под зерновые культуры на черноземах обыкновенных Северного Казахстана в зависимости от их обеспеченности фосфором / Л.В. Гринец // диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.01.04 / Гринец Лариса Владимировна; [Место защиты: Оренбург. гос. аграр. ун-т].- Троицк, 2009.- 200 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-6/27

23. Сайт МСХА <https://www.activestudy.info/osobennosti-pitaniya-i-udobreniya-yachmenya/>

24. [Sharma Sudhir K Kalra, Naveen](#). Effect of flyash in corporation on soil properties and productivity of crops: A review. [JSIR Vol. 65 \(05\) P. 383-390 \[May 2006\]](#). Сайт: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/4839>

25. Chang Hoon Lee Yong Bok Lee Pil Joo Kim Fly ash effect on improving soil properties and rice productivity in Korean paddy soils. Bioresource Technology Volume 97, Issue 13, September 2006, P. 1490-1497

26. [Tsadilas, C.D.](#), [Hu, Z.](#), [Bi, Y.](#), [Nikoli, T.](#) Utilization of coal fly ash and municipal sewage sludge in agriculture and for reconstruction of soils in disturbed lands: results of case studies from Greece and China. [International Journal of Coal Science & Technology](#) volume 5, P. 64–69 (2018).

27. Mirosław Wyszowski, Jadwiga Wyszowska, Natalia Kordala and Agata Borowik /Effects of Coal and Sewage Sludge Ashes on Macronutrient Content in Maize (Zea mays L.) Grown on Soil Contaminated with Eco-Diesel Oil Materials 2022, 15, 525. <https://doi.org/10.3390/ma15020525> <https://www.mdpi.com/journal/materials>

28. [Rajinder Kaur & Dinesh Goyal](#) // Mineralogical comparison of coal fly ash with soil for use in agriculture. [Journal of Material Cycles and Waste Management](#) volume 18, pages186–200 (2016)
29. Сарсенова А.А. Мелиоративный препарат для повышения плодородия почв: патент на изобретение / А.А. Сарсенова. - RU 2494137 С2. – 2013. - № 27. - 4с.
30. Mukhanbet A.K. Effectiveness of the alternative fertilizer application on spring wheat on chernozem soils in Northern Kazakhstan. / А.К. Mukhanbet, А.Т. Khusainov, А.М. Balgabayev, А.Р. Zhumakayev // International conference on Agricultural, Civil and Environmental Engineering. Istanbul. – 2016. – P. 77-80.
31. Докучаев В.В. Русский чернозем / В.В. Докучаев. - М.: Сельхозгиз, 1952. - 63 с.
32. Почвы Казахстана. Сайт: <https://el.kz/news/archive/content-16963/>
33. Байшанова А.Е. Анализ современного состояния плодородия орошаемых почв Республики Казахстан / А.Е. Байшанова, Б.Ш. Кедельбаев // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 2. – С. 5-13.
34. Соколов А.В. Агрохимические методы исследования почв /А.В. Соколов. – Москва:, Наука. -1975. - С. 74-76.
35. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. - М.: Колос, 1972. – 320 с.
36. Рустембаев А.Б. Агроэкономические основы внесения фосфорных минеральных удобрений в условиях Северного Казахстана / А.Б. Рустембаев, Д.З. Есхожин Сайт: // [https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf14\\_shmash\\_152](https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf14_shmash_152)
37. Современное состояние земельных ресурсов Республики Казахстан // <https://studall.org/all-107243.html>.
38. Сайт: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/168986/1/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B2%D1%8B%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0.pdf>

39. Сапаров А.С. Биологическая продуктивность почв Казахстана в условиях антропогенеза // А.С. Сапаров // Почвоведение и агрохимия. – 2008. - № 1. - С. 14-16.
40. Анализ проблем зернового рынка Казахстана / А.Б. Байканова, Ж.К. Жанабаева Сайт: // <https://articlekz.com/article/21117>
41. Economics of Land Degradation Initiative: Report for policy and decision makers (2015). Сайт: [http://eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-pm-report\\_05\\_web\\_300dpi.pdf](http://eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-pm-report_05_web_300dpi.pdf)
42. Kazakhstan Today. Сайт: [https://www.kt.kz/rus/economy/v\\_kazahstane\\_za\\_25\\_let\\_ploshtadj\\_pahotnih\\_zemelj\\_s\\_visokim\\_soderzhaniem\\_gumusa\\_umenjshilasj\\_do\\_255\\_5\\_tis\\_gektarov\\_1153601777.html](https://www.kt.kz/rus/economy/v_kazahstane_za_25_let_ploshtadj_pahotnih_zemelj_s_visokim_soderzhaniem_gumusa_umenjshilasj_do_255_5_tis_gektarov_1153601777.html)
43. Текущее состояние агрохимической отрасли в Республике Казахстан Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан Сайт: // <https://asia-agrohimforum.com/PDFs/2017/01.pdf>
44. Заключительный отчет Казахстана по Программе определения целевых показателей LDN. – Астана, 2018. - 40с.
45. Сапаров А.С. Почвенные исследования в Казахстане / А.С. Сапаров // Сайт:[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/GSP/docs/eurasian\\_workshop/Soils\\_of\\_Russiaba.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/eurasian_workshop/Soils_of_Russiaba.pdf)
46. Сайт-источник: [www.kt.kz](http://www.kt.kz)
47. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2019 год // Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. - Астана. – 556 с.
48. Сайт: <https://agro-mart.kz/problemyi-i-tehnologii-ispolzovaniya-mineralnyih-udobreniy-v-severnom-kazahstane/>

49. Рустембаев А.Б. Разработка и обоснование параметров рабочего органа при ярусном внесении минеральных удобрений / А.Б. Рустембаев // Сайт: <https://kazatu.edu.kz/assets/i/diss/Rustembaev-diss.pdf>

50. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы: Указ Президента РК № 420 от 14.02.2017 г. // [www.egov.kz](http://www.egov.kz)

51. Шлепетинский А.Ю. Приоритетные направления развития сельскохозяйственных технологий / А.Ю. Шлепетинский // *Фундаментальные исследования*. – 2004. - № 5 – С. 29-30.

52. Todd A. Баланс углерода в почве / А. Todd, А. Онгл, А. Лица А. Шульте // *Агропромышленная газета юга России: Мировая пресса*. 2020. Сайт: <https://www.agropromyug.com/mirovaya-pressa/760-balans-ugleroda-v-pochve.html>

53. Cunfer. «Sustaining Soil Fertility: Agricultural Practice in the Old and New Worlds» / Cunfer, Geoff, and Fridolin Krausmann // *Global Environment*. 2009. - № 4. – С. 8–47 Сайт: <http://www.environmentandsociety.org/node/4791>.

54. Ковда В.А. Минеральный состав растений и почвообразование / В.А. Ковда // *Почвоведение*. - 1956. - № 1. - С.6-38.

55. Алешин Н.Е. Содержание кремния в РНК риса / Н.Е. Алешин // *Доклады ВАСХНИЛ*. - 1982. - №.6. - С.6-7.

56. Кудинова Л.И. Влияние кремния на вес растений ячменя/ Л.И. Кудинова // *Агрохимия*. - 1974. - №.1. - С.142-144.

57. Тарановская В.Г. Силикатирование субтропических питомников и плантаций/ В.Г. Тарановская // *Советские субтропики*. - 1939. - №.7. - С.32-37.

58. Тарановская В.Г. Значение силикатирования для цитрусовых, тунга и сидератов/ В.Г. Тарановская // *Советские субтропики*. - 1940. - №.5. - С.38-43.

59. Adatia M.H., Besford R.T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution // *Ann.Bot.* 1986. V.58. P.343-351.

60. Bowen P., Menzies J., Ehret D., Samuel L., and Glass A.D.M. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves // *J. Am. Soc. Hortic. Sc.* 1992. V.117. №6. P.906-912.

61. Baylis A.D., Gragopoulou C., Davidson K.J., Birchall J.D. Effects of silicon on the toxicity of aluminium to soybean // *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 1994. V.25. №.5-6. P.537-546.
62. Savant N.K. Snyder G.H., Datnoff L.E. Silicon management and sustainable rice production // *Adven. Agron. Acad. Press. San Diego, CA, USA.* 1997. V.58. P.151-199.
63. Anderson D.L. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane // *Fertilizer Research* .1991. №.30. P.9-18.
64. Bocharnikova E.A. and Matichenkov V.V. Silicon soil state and biogeochemical balance in forest and grass ecosystems // *Sustainable Development: the View from the Less Industrialized Countries.* San Jose, Costa Rica: UNED, 1994. P.453-466.
65. Karmin Z. Formation of ferrihydrite by inhibition of grun rust structures in the presence of silicon // *Soil Sci. Soc. Amer. J.*1986. V.50. №.1. P.247-254.
66. Marsan F.A., Torrent J. Fragipan bonding by silica and iron oxides in a soil from northwestern Italy // *Soil Sci. Soc. Amer. J.*1989. V.53. №.4. P.1140-1145.
67. Norton L.D. Mineralogy of high calcium/sulfur-containing coal combustion by-products and their effect on soil surface sealing // *Agriculture Utilization of Urban and Industrial By-products: Proceed. Symp. sponsored by Division S-6 and S-7 of the Science Soc. Am. and A-5 of the Am. Soc. Agron. in Cincinnati. Ohio, 7-12 Nov. 1993.* ASA Special Publication Number 58, 1995. P.87-106.
68. Karina Patricia Vieira Cunha, Clístenes Williams Araujo Nascimento, Airon Joseda Silva // Siliconalle viates the toxicity of cadmium and zincformaze (ZeamaysL.) grown on a contaminated soil) *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2008, V.17(6), Pp 849-853).
69. Васюкович А. Почему опасен алюминий для человека. Хватает ли алюминия вашему организму: в чем польза микроэлемента, как выявить нехватку или переизбыток. Вред алюминия на тело человека / А. Васюкович, Е. Васюкович Сайт://<https://wikibath.ru/pochemu-opasen-alyuminii-dlya-cheloveka-hvataet-li-alyuminiya-vashemu.html>.

70. Ковда В.А. Почвоведение: учебник для университетов / под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова // Почва и почвообразование. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1988. – Ч. 1. - 368 с.
71. Козлова А.А. Содержание различных форм железа в почвах Южного Предбайкалья / А.А. Козлова, В.Л. Халбаев, Т.С. Айсуева, А.Е. Егодуров и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5. – С. 56-61; Сайт: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5336>
72. Российская академия с/х наук Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Почвообразовательные процессы. Москва. 2006. <https://esoil.ru/>
73. Зарецкая Г.Н. Определение содержания кальция, магния и кадмия в водных вытяжках из почвы пригородов г. Южно-Сахалинска / Г.Н. Зарецкая, А.М. Богута, О.В. Карпова // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 8. – С. 90-90; Сайт: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5286>.
74. Гедройц, К.К. Избранные труды / К.К. Гедройц. - М.: Наука. 1975. – 639 с.
75. Шеуджен А.Х. Кальций и методы его определения / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, К.П. Азарян, З.Н. Ткаченко. – Майкоп: Адыгея, 2003. – 92 с.
76. Куркаев В.Т. Агрохимия / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. Майкоп: Адыгея, 2000. – 552 с.
77. Малюкова Л.С. Оптимизация плодородия бурых лесных почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в условиях 475 черноморского побережья России: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Л.С. Малюкова. – Москва, 2013. – 42 с.
78. Многолетние средние концентрации диоксида серы, измеренные за 2005–2007 гг. [Обсерватория Земли НАСА](https://polysulphate.com/muru/sulphur-in-soil-and-in-the-plant/) - Сайт: <https://polysulphate.com/muru/sulphur-in-soil-and-in-the-plant/>
79. Hempler, K. Spuren-und Sekundärnährstoffe im Pflanzenbau / K. Hempler. – Frankfurt / M., 2001. – 64 s.

80. Петров Б.А. Минеральное питание растений / Б.А. Петров, Н.Ф. Селиверстов Н.Ф. // Справочное пособие для студентов и огородников. - Екатеринбург, 1998. - 79 с.

81. Макро-, мезо- и микро-элементы. Сайт: <https://agriecomission.com/base/makro-mezo-i-mikroelementy-osobnosti-pitaniya-rastenii>

82. Агро альянс Сайт: <https://xn---36-5cdbq2dqftq4kqb.xn--plai/stati/item/147-rasprostranenie-mikroelementov-v-pochve.html>

83. Минеев В.Г. Проблемы тяжелых металлов в современном земледелии/ В.Г. Минеев // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах: материалы научно - практической конференции. – М., 1994. – С. 5-11.

84. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение / Н.П. Битюцкий. Сайт: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=1252](https://agromage.com/stat_id.php?id=1252).

85. Виноградова Х.Р. Молибден и его биологическая роль. / Х.Р. Виноградова// Микроэлементы в жизни растений и животных: сборник научных трудов. - М.: МГУ, 1952. - С. 515 – 538.

86. Школьник М.Я. Микроэлементы в сельском хозяйстве / М.Я. Школьник, Н.А. Макарова // - М.: Изд. АН СССР. - 1957. С.208 – 218.

87. Чурбанов В.М. Микроудобрения. /В.М. Чурбанов // - М.: Россельхозиздат. – 1976. - С.3 – 24.

88. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.

89. Зборищук Ю.Н. Микроэлементы в почвах каменной степи: Монография / Ю.Н. Зборищук, В.И. Турусов. – Воронеж, изд-во «Истоки», 2019. – С. 33-34.

90. Микроэлементы. Маленькие солдаты большой победы Сайт: <https://aidamin.com/ru/articles/mikroelementy-malenykie-soldaty-bolyshoy-pobedy>

91. Microelements\_in\_plant\_life.pdf. Сайт: <http://agroanaliz.ge/wp-content/themes/arbutus-child/files/>



92. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С.А. Барбер. - Москва: Агропромиздт, 1988. – 376 с.
93. Чернавина И.А. Физиология и биохимия микроэлементов / И.А. Чернавина. – М.:, Изд-во Высшая школа, 1970. - 312 с.
94. [Sharma Sudhir K Kalra, Naveen](#). Effect of flyash in corporation on soil properties and productivity of crops: A review. [JSIR Vol. 65 \(05\) P. 383-390 \[May 2006\]](#). Сайт: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/4839>
95. Chang Hoon Lee Yong Bok Lee Pil Joo Kim Fly ash effect on improving soil properties and rice productivity in Korean paddy soils. Bioresource Technology Volume 97, Issue 13, September 2006, P. 1490-1497
96. Ishwar Prakash Sharma and Anil Kumar Sharma, 2017. Use of Fly-ash (Industrial Residue) for Improving Alkaline Soil Status. International Journal of Soil Science, 12: P.39-42.
97. Tsadilas, C.D., Hu, Z., Bi, Y., Nikoli, T. Utilization of coal fly ash and municipal sewage sludge in agriculture and for reconstruction of soils in disturbed lands: results of case studies from Greece and China. International Journal of Coal Science & Technology volume 5, P. 64–69 (2018).
98. Mirosław Wyszowski, Jadwiga Wyszowska, Natalia Kordala and Agata Borowik /Effects of Coal and Sewage Sludge Ashes on Macronutrient Content in Maize (Zea mays L.) Grown on Soil Contaminated with Eco-Diesel Oil Materials 2022, 15, 525. <https://doi.org/10.3390/ma15020525> <https://www.mdpi.com/journal/materials>
99. Rajinder Kaur & Dinesh Goyal // Mineralogical comparison of coal fly ash with soil for use in agriculture. Journal of Material Cycles and Waste Management volume 18, pages186–200 (2016)
100. Panda R.B, Biswal T. Impact of Fly Ash on Soil Properties and Productivity. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology. 2018, Volume: 11, Issue: 2. First page: (275) Last page: (283). Article DOI: 10.30954/0974-1712.04.2018.8



101. Kuldeep Kumar And Ashok Kumar. Effect Of Fly Ash On Morpho-Physiological Properties Of Soil And Vigna Mungo L //Biotech Today (July–December, 2016) 6(2) 48:53. DOI: 10.5958/2322-0996.2016.00025.9
102. S.NSingh Kamla Kulshreshtha K.JAhmad. Impact of fly ash soil amendment on seed germination, seedling growth and metal composition of Vicia faba L. // Ecological Engineering Volume 9, Issues 3–4, December 1997, Pages 203-208. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(97\)10004-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(97)10004-0)
103. Sabry M. Shaheen Peter S.Hooda Christos D.Tsadilas. Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements – A review // Journal of Environmental Management. Volume 145, 1 December 2014, Pages 249-267. 10.1016/j.earscirev.2013.10.003
104. L.C.Ram R.E.Masto.Fly ash for soil amelioration: A review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments // Earth-Science ReviewsVolume 128, January 2014, Pages 52-74.
105. Ohno T., Erich M.S. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels // Agriculture, Ecosystems & Environment, 1990, Vol. 32, I. 3-4. – P. 223-239.
106. Etiegni L., Campbell A.G. Physical and chemical characteristics of wood ash // Bioresource Technology, 1991, Vol.37(2). Elsevier Science Publishers Ltd. – P. 173-178.
107. Adriano D.C., Page A.L., Elseewi A.A., Chang A.C., Straughan I. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: a review // Journal of Environmental Quality, 1980, Vol. 9(3). – P. 333-344.
108. Ayushi Varshney, Praveen Dahiya, Anjay Sharma, Renu Pandey & Sumedha Mohan. Fly ash application in soil for sustainable agriculture: an Indian overview // Energy, Ecology and Environment (2022) Published: 31 January 2022
109. Deborah Schönegger María Gómez-Brandón Thomas Mazzier Roy Hermanns Evert Leijenhorst Tommaso Bardelli Marina Fernández-Delgado Juárez Resources. Conservation and Recycling Volume 134, July 2018, Pages 262-270.

110. Chuan-chuan NING, Peng-dong GAO, Bing-qing WANG, Weipeng LIN, Ni-hao JIANG, Kun-zheng CAI: Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content *Journal of Integrative Agriculture* Volume 16, Issue 8, August 2017, Pages 1819-1831.

111. Коробова Л.Н. Научно-методические рекомендации по использованию микробиологических показателей для оценки состояния пахотных почв в Сибири / Л.Н. Коробова, А.В. Танатова, С.А. Ферапонтова, А.А. Шинделов. - Новосибирск, 2013. – 36 с.

112. Allahyar Khadem, Faye Raiesi. Responses of microbial performance and community to corn biochar in calcareous sandy and clayey soils *Applied Soil Ecology*. Volume 114, June 2017, Pages 16-27.

113. B. Klubek C.L. Карисон Дж. Оливер Д.К. Адриано *Soil Biology and Biochemistry* Volume 24, Issue 11, November 1992, Pages 1119-1125 November 1992, Pages 1119-1125

114. Carla Cruz-Paredes, Álvaro López-García, Gitte H. Rubæk, Mads F. Hovmand, Peter Sorensen, Rasmus Kjoller. Risk assessment of replacing conventional P fertilizers with biomass ash: Residual effects on plant yield, nutrition, cadmium accumulation and mycorrhizal status. *Journal science of the Total Environment*. Volume 575, 1 January 2017, Pages 1168-1176

115. Ashootosh Mandpe, Sonam Paliya, Sunil Kumar, Rakesh Kumar. Fly ash as an additive for enhancing microbial and enzymatic activities in in-vessel composting of organic wastes *Bioresource Technology* Volume 293, December 2019, 122047.

116. Hemlata P. Jambhulkar Siratun Montaha S. Shaikh M. Suresh Kumar Volume 213, *Chemosphere* December 2018, Pages 333-344 December 2018, Pages 333-34. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.045>

117. Marcin W. Woch Magdalena Radwańska Małgorzata Stanek Barbara Łopata Anna M. Stefanowicz *SCIENCE OF The Total Environment* Volume 642, 15 November 2018, Pages 264-275.

118. Ashootosh Mandpe, Sonam Paliya, Sunil Kumar, Rakesh Kumar. Fly ash as an additive for enhancing microbial and enzymatic activities in in-vessel composting of organic wastes *Bioresource Technology* Volume 293, December 2019, 122047.
119. Mercedes García-Sánchez José A. Siles Tomas Cajthaml Inmaculada García-Romera Pavel Tlustoš Jiřina Száková. *European Journal of Soil Biology* Volume 71, November–December 2015, Pages 1-12
120. R.J. Haynes G. Murtaza R. Naidu *Advances in Agronomy* Volume 104, 2009, Pages 165-267 2009, Pages 165-267
121. Katarzyna Chojnacka Konstantinos Moustakas Anna Witek-Krowiak. *Bioresource Technology* Volume 295, January 2020, 122223
122. Manisha Basu Manish Pande P.B.S. Bhadoria S.C. Mahapatra Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. *Progress in Natural Science* Volume 19, Issue 10, 10 October 2009, Pages 1173-1186.
123. Qurratul, Sumira Jan, Riyazzuddin Khan, Mahmooduzzafar, and T.O. Siddiqi. Soil amendments of fly ash: effects on function and biochemical activity of *Carthamus tinctorius* L. plants // *Israel Journal of Plant Sciences*. *Israel Journal of Plant Sciences*. May 2013, 61 (1-4), 12-24. <https://doi.org/10.1080/07929978.2014.94531318>.
124. Скипин Л.Н. Тяжелые металлы и радионуклиды в компонентах природной среды Тюменской области: монография. / Л.Н. Скипин, А.А. Ваймер, Е.В. Захарова, Е.В. Гаевая. – Тюмень, 2014. – 253с.
125. Chuan-chuan NING, Peng-dong GAO, Bing-qing WANG, Weipeng LIN, Ni-hao JIANG, Kun-zheng CAI: Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content *Journal of Integrative Agriculture* Volume 16, Issue 8, August 2017, Pages 1819-1831.
126. Yong Bok Lee, HoSung Ha, Chang Hoon Lee, PilJoo Kim // Coal Fly Ash and Phospho- gypsum Mixture as an Amendment to Improve Rice Paddy Soil Fertility Pages 1041-1055 | Received 17 Jul 2006, Accepted 14 May 2007, Published

online: 26 Mar 2008. Communication sin Soil Science and Plant Analysis Volume 39, 2008 - Issue 7-8.

127. Хусаинов А.Т. Эколого-агрохимическая оценка применения препаратов из золошлаков и наночастиц углерода для удобрения черноземных почв под сельскохозяйственные культуры: монография / А.Т. Хусаинов, А.А. Сарсенова, Б.Х. Есенжолов, Г. Т. Кыздарбекова, А.С. Аяпбергенова, Е.А. Айшук. – Кокшетау, 2020. – 152с.

128. Абдуллаев К.К. Применение минеральных удобрений – залог урожайности и качества зерна / К.К. Абдуллаев, В.М. Филонов Сайт: <https://baraev.kz/statya/27-primenenie-mineralnyh-udobreniy-zalog-urozhaynosti-i-kachestva-zerna.html>

129. Производство ячменя в мире. Страны – производители ячменя. Экспертно-аналитический центр агробизнеса. <https://ab-centre.ru/page/strany-proizvoditeli-yachmenya>.

130. Елюбаев С.З. Состояние плодородия черноземных и каштановых почв Северного Казахстана: Монография / С.З. Елюбаев, А.Т. Хусаинов, К.Х. Сейдалина. – Кокшетау, 2016. – 124 с.

131. Хусаинов А.Т. Теоретические основы и практический опыт применения отходов производства для удобрения и мелиорации почв / Валихановские чтения – 23: материалы международной научно-практической конференции. – Кокшетау, 2019. – С. 240-246.

132. Ссылка на сайт: <https://agro-mart.kz/problemyi-i-tehnologii-ispolzovaniya-mineralnyih-udobreniy-v-severnom-kazahstane/>

133. Ссылка на сайт: [https://freereferats.ru/product\\_info.php?products\\_id=412756](https://freereferats.ru/product_info.php?products_id=412756)

134. Самусева М.Н. Золошлаковые материалы – альтернатива природным материалам / М.Н. Самусева, Т.И. Шишелова // Современные проблемы науки и образования. – 2009. - № 2.; Сайт: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=1832>

135. Хитров Н.Б. Проблемы деградации, охраны и пути восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения / Н.Б. Хитров, А.Л. Иванов, А.А. Завалин и др // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2007. – № 36. – С. 29-34.

136. Официальный информационный ресурс. Сайт: <https://www.primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-razvitiya-sfery-selskogo-hozyaystva-za-2021-god-i-plany-na-predstoyashchiy-period-22422>

137. Комитет по статистике Республики Казахстан <http://www.stat.gov.kz>

138. Ермагамбет Б.Т. Технология переработки золошлаковых отходов Казахстана / Б.Т. Ермагамбет, Н.У. Нурғалиев, Ж.М. Касенова, Р.К. Урлибай и др. Сайт <https://nur.nu.edu.kz/handle/123456789/4942?show=full>

139. Аханов Ж.У. Основные направления научных исследований Института почвоведения МОН РК на ближайшие десятилетия / Ж.У. Аханов, Т.Д. Джаланкузов, С.Д. Абдыхалыков // Проблемы генезиса, плодородия, мелиорации, экологии почв, оценка земельных ресурсов. - Алматы, Тетис, 2002. – С. 5-7.

140. Дегтярева И.А. Повышение эффективности применения органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на выщелоченном черноземе Республики Татарстан / И.А. Дегтярева, Ш.А. Алиев, Р.Х. Гизатуллин, А.Я. Хидиятуллина и др. // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 1. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5488>

141. Сарсенова А.А. Устойчивое обращение с отходами производства для повышения плодородия почв: учебное пособие / А.А. Сарсенова. - Алматы. Казахстан ЭСПИ, 2021. – 101 с.

142. Jinwei ZHAO Lianren ZHOU. Combined Application of Organic and Inorganic Fertilizers on Black Soil Fertility and Maize Yield // Journal of Northeast Agricultural University (English edition) Volume 18, Issue 2, June 2011, Pages 24-29. Сайт: [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(12\)60005-1](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(12)60005-1)

143. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв / Ф. Дюшофур. - М.: Прогресс, 1970. - 592 с.

144. Костенко *И.В.* Состав обменных катионов и кислотность почв горного Крыма / *И.В. Костенко* // Почвоведение. – 2015. - № 8. - С. 932–942.
145. Винокуров *М.А.* Емкость обмена минерального и органического комплекса / *М.А. Винокуров* // Почвоведение. - 1941. - № 5. - С.33–43.
146. Алябина *И.О.* Закономерности формирования поглотительной способности почв / *И.О. Алябина.* - М.: РЭФИА, 1998. - 47 с.
147. Nayak, A. K., Raja, R., Rao, K. S., Shukla, A. K., Mohanty, S., Shahid, M., ... Swain, C. K. (2015). Effect of fly ash application on soil microbial response and heavy metal accumulation in soil and rice plant. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 114, 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.03.033>
148. F. Caravaca A., Morugán-Coronado A. Roldán ,Agricultural Water Managtmtnt. Volume 149, February 2015, Pages 115-122.
149. O.S.Bezuglova, E.A.Polienko, A.V.Gorovtsov, V.A.Lyhman, P.D.Pavlov. *Annals of Agrarian Science*. Volume 15, Issue 2, June 2017, Pages 239-242.
150. Ewa Ociepa Maciej Mrowiec Joanna Лач *Environmental Research* Volume 156, July 2017, Pages 775-780 July 2017, Pages 775-780
151. Кузьмич *М.А.* Агрэкологическое обоснование применения нетрадиционных химических мелиорантов в земледелии России: Дис. ... д-ра с.-х. наук / *М.А. Кузьмич.* - Москва, 2004. - 324 с.
152. Замулина *И.В.* Органическое вещество почв и биологическая активность при длительном загрязнении медью / *И.В. Замулина, А.В. Горовцов, Т.М. Минкина, С.С. Манджиева и др.* // *Геохимия окружающей среды и здоровье.* г. Гродно, 2022. - С. 387–398.
153. K.C.Patra Tapash R.Rautray P.Nayak. Analysis of grains grown on fly ash treated soils. *Applied Radiation and Isotopes* Volume 70, Issue 8, August 2012, Pages 1797-1802
154. Prakash M., Sathiya Narayanan G., Sunil Kumar B., Padmavathi S. Effect of fly ash seed pelleting on growth, photosynthesis and yield in rice under aerobic condition. *h.* DOI 10.5958/0976-058X.2014.01331.6

155. Jezierska-Tys S.Frac M. //Journal of Elementology Том 13, 4, С.535 – 544 December 2008. Influence of fertilization with dairy sewage sludge sanitised with coal fly ash on microbiological activity and concentration of heavy metals in grey-brown podzolic soil. ISSN16442296

156. Анушков А.Л. Влияние гипса и фосфогипса на плодородие солонцовых почв подзоны черноземов Целиноградской области /А.Л. Анушков // Охрана природы и природопользование в Казахстане. - Алма-Ата, 1976. - С.88-91.

157. Чапко П.М. Отдельные мелиоративные приемы улучшения луговых солонцовых комплексов при высоком уровне минерализованных грунтовых вод / П.М. Чапко, Е.В. Солдатова // Мелиорация солонцов. - М., 1972. - Ч. 2. - С. 112-115.

158. Кирюшин В.И. Использование фосфогипса для мелиорации солонцов Западной Сибири, Зауралья и Северного Казахстана: Рекомендации / В.И. Кирюшин, Н.В. Семендяева, Л.А. Жеронкина. - Новосибирск, ВАСХНИЛ, Сиб.отд-ние, СибНИИЗХим, 1989. - 20с.

159. Петров Л.Н. Химическая мелиорация солонцовых почв в Ставропольском крае / Л.Н. Петров, И.С. Выродов, Т.Н. Чебенов // Совершенствование приемов и методов солонцовых почв. - М., 1976. - С. 85- 89.

160. Хусаинов А.Т. Гидроморфные солонцы Западной Сибири в процессе мелиорации: монография / А.Т. Хусаинов. – Тюмень – Кокшетау, 2012. – 320с.

161. Nirmal Kumar Pani, Priyadarshani Samal, Ritarani Das, Santilata Sahoo. Effect of fly ash on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L. // International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAR) ISSN: 2223-7054 (Print) 2225-3610 (Online) <http://www.innspub.net> Vol. 7, No. 2, p. 64-74, 2015.

162. Katiyar D., Singh A., Malaviya P. Pant D., Singh P. Abraham G. Singh S.K. . Impact of Fly-ash-amended soil on growth and yield of crop plants // International Journal of Environment and Waste Management Том 10, Выпуск 2-3, Pages 150 - 162 August 2012. ISSN 14789876. DOI 10.1504/IJEW.2012.048362

163. Faizan S. Kausar S. Impact of coal ash on growth yield biomass and nodulation of lentil (*Lens culinaris*) // Journal of Industrial Pollution Control Том 26, Выпуск 2, Pages 177 – 181. 2010. ISSN 09702083

164. Qurratul, Sumira Jan, Riyazzuddin Khan, Mahmooduzzafar, and T.O. Siddiqi. Soil amendments of fly ash: effects on function and biochemical activity of *Carthamus tinctorius* L. plants // Israel Journal of Plant Sciences. Israel Journal of Plant Sciences. May 2013, 61 (1-4), 12-24. <https://doi.org/10.1080/07929978.2014.94531318>.

165. Sang-SunLim Woo-JungChoi Scott X. Chang Muhammad A.Arshad Kwang-Sik Yoon Han-Yong Kim. Soil carbon changes in paddy fields amended with fly ash. Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 245, 1 July 2017, Pages 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.027>

166. Manisha Basu Manish Pande P.B.S. Bhadoria S.C. Mahapatra Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. Progress in Natural Science Volume 19, Issue 10, 10 October 2009, Pages 1173-1186.

167. Рынок семеноводства в Республике Казахстан Сайт: <http://omegasystem.kz/rynok-semenovodstva-v-respublike-kazahstan>

168. Справочник пестицидов (ядохимикатов), разрешенных к применению на территории Республики Казахстан» на 2013-2022гг. - Алматы, Изд-во: ИП «Успех», 2012. – 212 с.

169. Предпосевная обработка семян озимых культур стимуляторами роста / Научно-аналитический центр питания растений. <http://agro-analiz.com/index.php/o-kompanii>.

170. Электрофизические способы предпосевной обработки семян зерновых культур / Информационное агентство «Светич» // Нивы России. – 2019. - № 8. - С. 174- 178.

171. Ерохин А.И. Предпосевная обработка семян гороха препаратом на основе лектинов зернобобовых культур / А.И. Ерохин, Н.Е. Павловская // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. - № 2 (22). –



<https://cyberleninka.ru/article/n/predposevnaya-obrabotka-semyan-gorooha-preparatom-na-osnove-lektinov-zernobobovyh-kultur>

172. Предпосевная обработка семян / ТОО «Азия компогум ресурс»  
<http://gumat.asia.kz/17430/1453.html>.

173. Кожухметов М.К. Инновационная агротехнология в семеноводстве сельскохозяйственных культур / М.К. Кожухметов // Исследования, результаты. - 2011. Агрономия. Инновации. Сельское хозяйство. Селекция. Сайт:  
<https://articlekz.com/article/12933>

174. Лапа В.В. Предпосевная обработка семян зерновых культур / В.В. Лапа, М.В. Рак // Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию. Сайт:  
<https://mshp.gov.by/information/materials/zem/soil/ab1260ff921b15d4.html>.

175. Стороженко Д.М. Почвы мелкосопочника центрального Казахстана / Стороженко Д.М. – Алма-Ата, Изд-во: АН Казахской ССР, 1952. - 127 с.

176. Боровский В.М. Основные черты почвенного покрова и земельные ресурсы Казахстана / В.М. Боровский, У.У. Успанов, С.А. Шувалов // Почвенные исследования в Казахстане. - Алма-Ата, 1964. - С. 11-55.

177. Балтабаева Д.Б. Анализ статистических характеристик климатических параметров в Центральном Казахстане, в Акмолинской области / Д.Б. Балтабаева, Е.В., Боголюбова // Вестник КазНУ. – 2012. - № 1- С. 124-127.

178. Погода [www.pogodaiklimat.ru](http://www.pogodaiklimat.ru)

179. Алексеев А.А. Почвы Казахской горно-складчатой страны и Петропавловской окраины Западно–Сибирской низменности: Дис. ...канд. с.-х. наук / А.А. Алексеев. - М., 1946. - 219с.

180. Ссылка на сайт: – <https://dzen.ru/a/YqM2q9YGHuBeJMU>

181. Климат Акмолинской области Сайт:  
[https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/69/file\\_en/oblast.pdf?cache=1588242297](https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/69/file_en/oblast.pdf?cache=1588242297)

182. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах: монография / Г.П. Гамзиков – Новосибирск, 2013. – С. 42-43.

183. Группировка обеспеченности почв элементами питания  
[https://studref.com/370298/agropromyshlennost/gruppirovka\\_obespechennosti\\_pochv\\_elementami\\_pitaniya](https://studref.com/370298/agropromyshlennost/gruppirovka_obespechennosti_pochv_elementami_pitaniya)

184. J. Leclercq-Dransart, S. Demuynck, G. Bidar, F. Douay, F. Grumiaux, В. Лувель, С. Пернин, А. Лепретр. *Applied Soil Ecology* Volume 138, June 2019, Pages 99-111/

185. Казеев К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем: Монография / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко. - Ростов -на Дону: изд-во Южного Федерального университета, 2016. - С. 159-160.

186. Пахомя О.Г. Теоретические и методологические вопросы моделирования почвенного плодородия / О.Г. Пахомя, Л.М. Татаринцев – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2004, № 4. – с. 180-183.

187. Пивоварова Е.Г. Разработка частной модели управления плодородием черноземных почв в условиях климатических изменений Алтайского Приобья / Е.Г. Пивоварова, А.О. Люцигер, С.В. Усенко, А.А. Гаркуша - Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2012, № 11 (97). – с. 34-38

188. Хусаинов А.Т. Влияние отходов ураноперерабатывающих предприятий на состояние компонентов экосистем Северного Казахстана: монография / А.Т. Хусаинов, Л.Н. Скипин, Л.Н. Сафронова. – Кокшетау, 2012. – 115с.

189. Производство фосфорных удобрений в плюсе, азотных – в минусе  
<https://kapital.kz/economic/98451/proizvodstvo-fosfornykh-udobreniy-v-plyuse-azotnykh-v-minuse.html>.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложения 1

Утверждаю:  
 Директор  
 ТОО «Вишневское»  
 Северо-Казахстанской области  
 П.Б. Рафальский



«   » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Акт  
 внедрения в производство научно-технических разработок и передового  
 опыта**

**Наименование внедренного мероприятия** – «Агрохимическая оценка применения поликомпонентного углеродосодержащего удобрения на черноземе обыкновенном под посевы ячменя в Северном Казахстане».

**Объект исследования** ячмень сорта «Астана – 2000».

**Каким научным или учебным учреждением мероприятие предложено к внедрению** – Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, кафедра «Растениеводства и почвоведения». Научный руководитель – д.б.н., профессор Хусаинов А.Т.

**Кем и когда принято решение о внедрении мероприятия** – администрацией ТОО «Вишневское» Северо-Казахстанской области, директор П.Б. Рафальский и сотрудниками кафедры «Растениеводство и почвоведение» КУ им. Ш. Уалиханова.

**Наименование хозяйства** (организации), адрес ТОО «Вишневское», с. Вишневка, Тайыншинский район, СКО.

**Календарные сроки внедрения** – 2019 - 2020 годы.

**Объем внедрения мероприятия** – 400 (четыреста) га.

**Фактический экономический эффект от внедрения на единицу (га)**  
 внесено 7 кг  $P_2O_5$  д.в. суперфосфата двойного гранулированного и 100 кг агробинона. Средняя урожайность составила 1,4 т/га (на контроле – 1,0 т/га), стоимость продукции - 71120 тенге/га, себестоимость 1 т. – 38613 тенге, чистый доход – 17062 тенге/га и рентабельность – 31,6 % (на контроле 22,7%). Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах ячменя не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК).

**От кафедры «Растениеводство и почвоведение КУ им. Ш. Уалиханова:**

Д.б.н., профессор,  
 академик АСХН РК, РАЕ и МАНЭБ

А.Т. Хусаинов

Главный агроном ТОО «Вишневское»

В.И. Гаврилюк

## Приложение 2

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«АГРОБИОТЕХНОВАЦИИ»

644069, г. Омск, ул. Красный Пахарь, д.185  
тел.: 89507800852  
e-mail: [anab76@mail.ru](mailto:anab76@mail.ru)

исх. № 9 от 02.02.20.

## ПАСПОРТ

на мелиоративный препарат «Агробиионв» (К2 – 2012)

химический состав и физико-химические свойства

Состав	среднее значение, %
C	30
SiO <sub>2</sub>	44,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,45
CaO	1,33
MgO	0,44
SO <sub>3</sub>	0,84
Na <sub>2</sub> O	0,16
Оксид кальция, свободный	0,05
Горючее в уносе	1,72
остаток на сите	6,26
Влажность	14-30
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	610
Размер гранул, мм	0,6-0,5

Директор



А.А. Сарсенова



## Приложение 3

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН  
 REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**ТАУАР ТАҢБАСЫНА КУӘЛІК**  
**СВИДЕТЕЛЬСТВО НА ТОВАРНЫЙ ЗНАК**  
**CERTIFICATE OF TRADEMARK REGISTRATION**



(111) 67013  
 (151) 09.01.2020  
 (450) 10.01.2020  
 (210) 90647  
 (220) 14.05.2019  
 (730) Сарсенова Анара Абильжановна (KZ)  
 Sarsenova Anara Abilzhanovna (KZ)  
 (181) 14.05.2029  
 (511) 01, 02, 03  
 (591) жасыл, ақ, сары қызғылт сары, көк-жасыл  
 зеленый, белый, желто-оранжевый, изумрудно-зеленый  
 green, white, yellow orange, emerald green



ЭЦҚ қол қойылды  
 Подписано ЭЦП  
 Signed by EDS

К. Батаева  
 K. Batayeva

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ директорының м.а.  
 И.о. директора РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
 Executive director of RSE «National institute of intellectual property»



ҚР ӨМ «Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ  
РГП «Национальный институт  
интеллектуальной собственности» МЮ РК  
National Institute of Intellectual Property,  
Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan

Нұр-Сұлтан қаласы, Қорғалжын тас жолы, 3Б ғимараты  
город Нур-Султан, шоссе Коргалжын, здание 3Б  
Nur-Sultan, Korgalzhyn highway, 3B Building  
Телефон / Telephone number: +7 (7172) 62-15-15

E-mail: [kazpatent@kazpatent.kz](mailto:kazpatent@kazpatent.kz)  
[http:// www.kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)

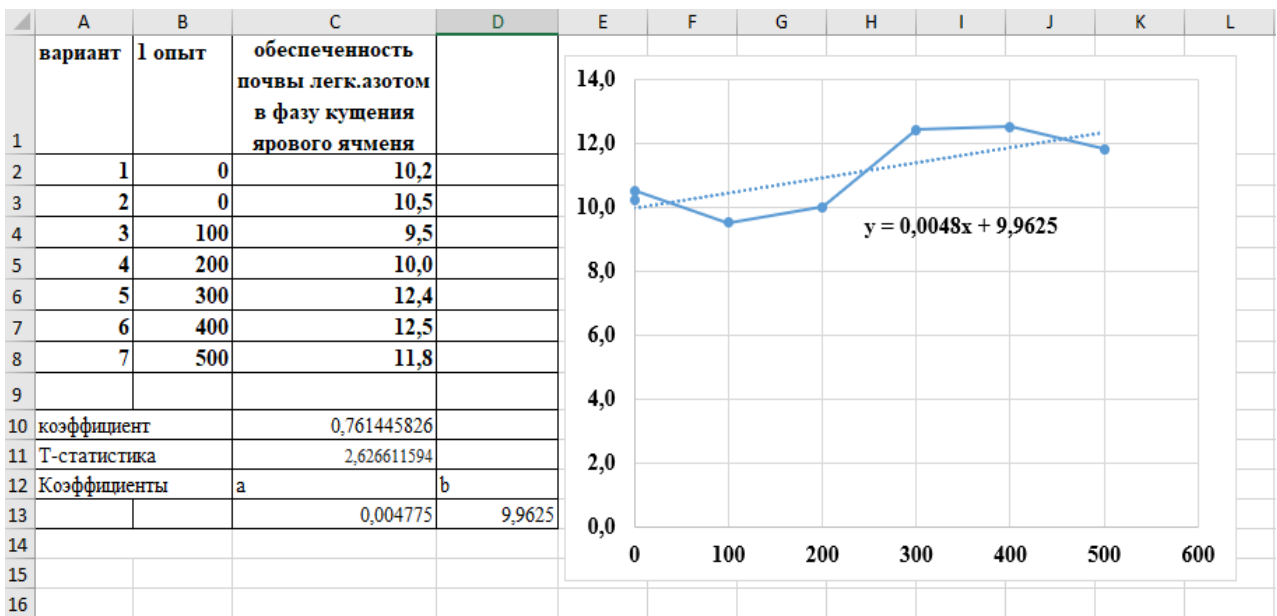
Толық тіркеу туралы мәліметтер Қазақстан Республикасының Тауар таңбаларының мемлекеттік тізілімінде, [www.kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz) ресми сайтында орналастырылған  
Подробные данные о регистрации содержатся в Государственном реестре товарных знаков Республики Казахстан, доступном на сайте: [www.kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)  
Detailed information related to the trademark registration is recorded in the State Register of Trademarks of the Republic of Kazakhstan: [www.kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)

## Приложение 4

Дисперсионный анализ обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом в фазу кущения ярового ячменя в опыте по изучению доз внесения «Агробинова», мг/кг, слой 0-40 см

	A	B	C	D	E	F	G
1		<b>1 опыт - Дисперсионный анализ обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом в фазу кущения ярового ячменя в опыте по изучению доз внесения «Агробинова», мг/кг, слой 0-40 см</b>					
2		<b>обеспеченность легк.азотом, фаза кущения</b>					
3		<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>	<b>l</b>		
4				<b>3</b>	<b>7</b>		
5		<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>среднее</b>	<b>Внутригр. Дисп.</b>
6	1	контроль	10,0	10,0	10,6	10,2	0,08
7	2	1/10 P - фон	9,3	10,1	12,0	10,5	1,28
8	3	фон+A100	9,5	9,4	9,5	9,5	0,00
9	4	фон+A200	10,0	9,4	10,5	10,0	0,20
10	5	фон+A300	14,0	12,1	11,0	12,4	1,54
11	6	фон+A400	14,5	11,9	11,0	12,5	2,20
12	7	фон+A500	13,2	11,9	10,2	11,8	1,51
13		<b>Общая дисперсия</b>					<b>2,25</b>
14		<b>межгрупповая дисперсия</b>					<b>1,277</b>
15		<b>Остаточная дисперсия</b>					<b>0,97</b>
16		<b>Общ.дисп. + м/гр. Дисп</b>					<b>2,25</b>
17		<b>среднее значение</b>					<b>10,96</b>
18		<b>Fфакт</b>					<b>3,06</b>
19		<b>Fтеор</b>					<b>3,00</b>
20		<b>Обобщенная ошибка средней разности, ц/га</b>					<b>0,57</b>
21		<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>					<b>5,20</b>
22		<b>Ошибка разности, ц/га</b>					<b>0,81</b>
23		<b>НСР 05</b>					<b>1,2</b>

Расчет парной корреляции, обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом в фазу кущения ярового ячменя и доз внесения «Агробинова»



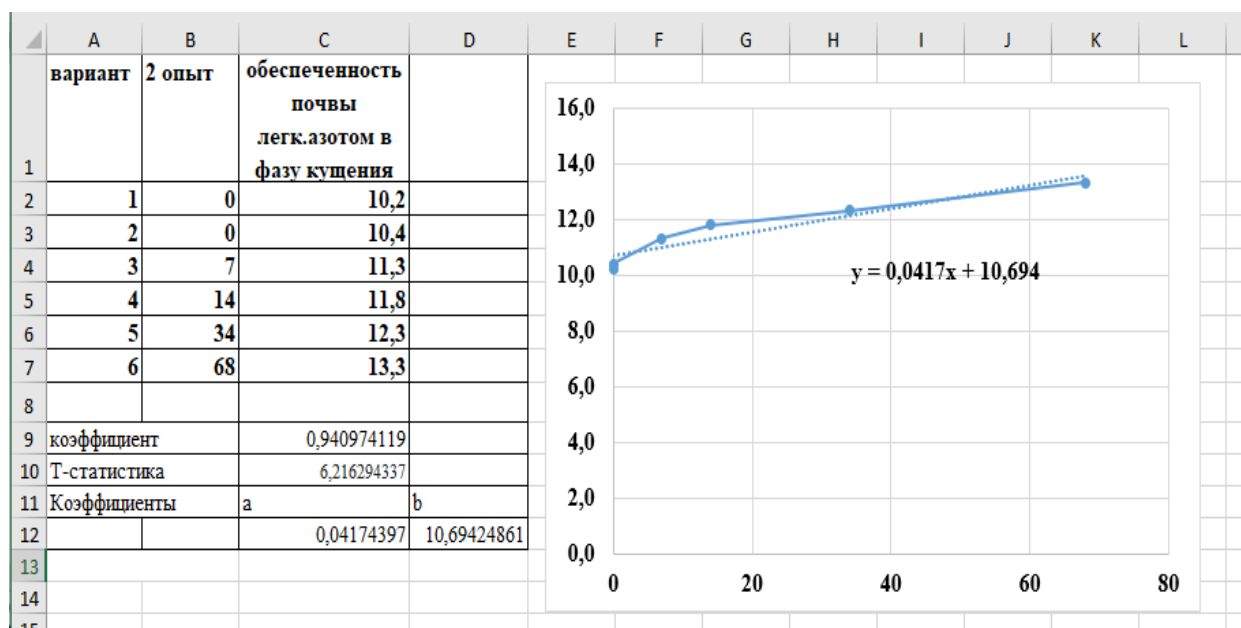


## Приложение 5

Дисперсионный анализ обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом в фазу кущения ярового ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, мг/кг, слой 0-40 см,

A	B	C	D	E	F	G
2 опыт - Дисперсионный анализ обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом в фазу кущения ярового ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, мг/кг, слой 0-40 см						
обеспеченность легк. азотом, кущение						
Исходные данные		n	1			
			3	6		
	Варианты	1	2	3	среднее	Внутриг р. Дисп.
1	контроль б/у	10,00	9,00	11,60	10,20	1,15
2	"Агробионов" " 100 кг/га -	10,50	10,00	10,80	10,43	0,11
3	фон+ P7	12,10	10,70	11,00	11,27	0,36
4	фон+ P14	12,50	11,30	11,50	11,77	0,28
5	фон+ P34	13,00	11,90	12,10	12,33	0,23
6	P68	13,50	12,50	13,00	13,00	0,17
Общая дисперсия						1,36
межгрупповая дисперсия						0,983
Остаточная дисперсия						0,38
Общ. дисп. + м/гр. Диспр						1,36
среднее значения						11,50
Fфакт						6,18
Fтеор						3,33
Обобщенная ошибка средней разности, т/га						0,36
Относительная ошибка средней, точность опыта%						3,10
Ошибка разности, т/га						0,50
НСР 05						0,8

Расчет парной корреляции обеспеченности почвы легкогидролизуемым азотом в фазу кущения ярового ячменя и доз фосфорного удобрения

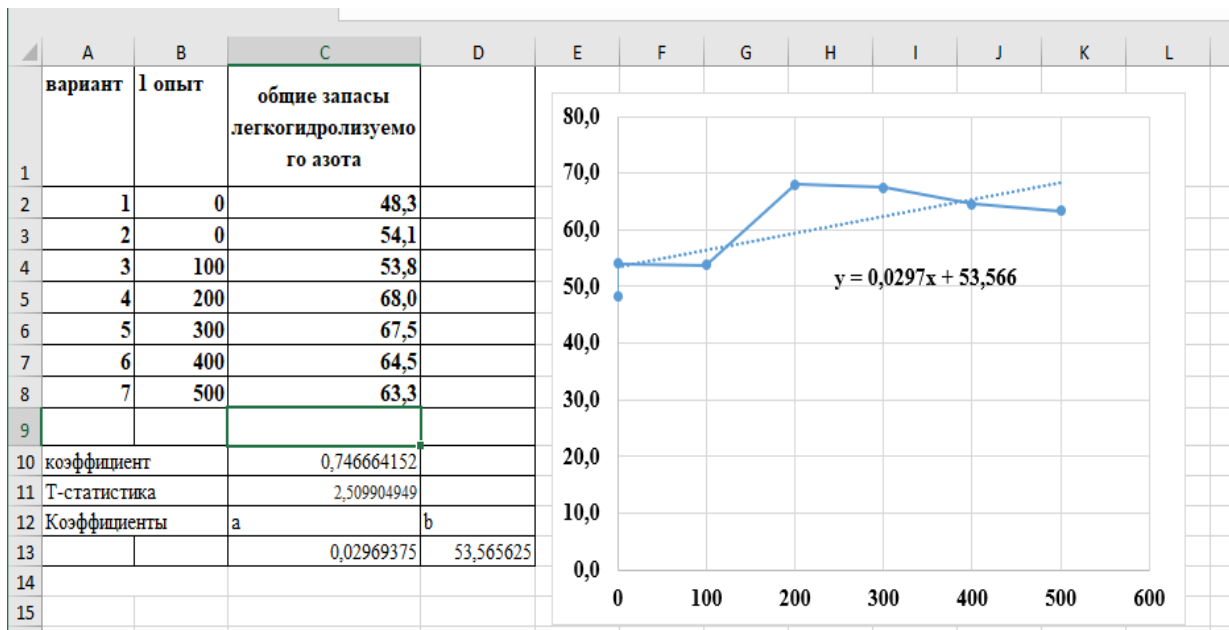


## Приложение 6

Дисперсионный анализ общих запасов легкогидролизующего азота в почве в опыте по изучению доз внесения «Агробиона», кг/га

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>1 опыт - Дисперсионный анализ общих запасов легкогидролизующего азота в почве в опыте по изучению доз внесения «Агробиона», кг/га</b>						
2	<b>общие запасы легкогидролизующего азота в почве</b>						
3	<b>Исходные данные</b>			<b>n</b>	<b>l</b>		
4				3	7		
5		<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>среднее</b>	<b>Внутригр. Дисп.</b>
6	1	контроль	54,8	38,8	51,4	48,3	47,37
7	2	1/10 P - фон	54,8	49,8	57,8	54,1	10,89
8	3	фон + A100	68,2	49,4	57,2	58,3	59,48
9	4	фон + A200	66,4	62,9	74,7	68,0	24,49
10	5	фон + A300	66,9	60,8	74,7	67,5	32,36
11	6	фон + A400	67,3	61,6	64,5	64,5	5,42
12	7	фон+A500	68,6	61,5	59,8	63,3	14,53
13	<b>Общая дисперсия</b>						<b>73,77</b>
14	<b>межгрупповая дисперсия</b>						<b>45,983</b>
15	<b>Остаточная дисперсия</b>						<b>27,79</b>
16	<b>Общ. дисп. + м/гр. Дисп</b>						<b>73,77</b>
17	<b>среднее значение</b>						<b>60,57</b>
18	<b>Fфакт</b>						<b>3,86</b>
19	<b>Fтеор</b>						<b>3,00</b>
20	<b>Обобщенная ошибка средней разности, ц/га</b>						<b>3,04</b>
21	<b>носительная ошибка средней, точность опыта</b>						<b>5,03</b>
22	<b>Ошибка разности, ц/га</b>						<b>4,30</b>
23	<b>НСР 05</b>						<b>6,6</b>

Расчет парной корреляции общих запасов легкогидролизующего азота в почве в опыте по изучению доз внесения «Агробиона»

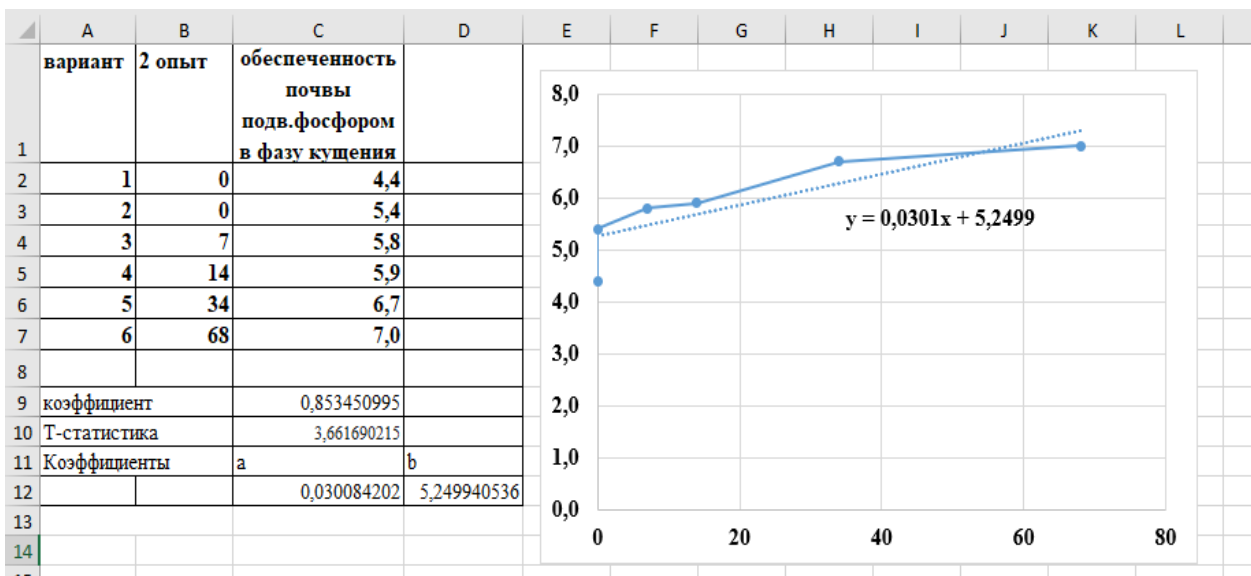


## Приложение 7

Дисперсионный анализ запасов подвижного фосфора в почве в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения

	A	B	C	D	E	F	G	
1		2 опыт - Дисперсионный анализ обеспеченности почвы подвижным фосфором в фазу кущения ярового ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, мг/кг, слой 0-40 см						
2		обеспеченность легк.азотом, кущение						
3		Исходные данные		n	1			
4				3	6			
5		Варианты	1	2	3	среднее	Внутри гр. Дисп.	
6	1	контроль	5,1	3,8	4,4	4,4	0,28	
7	2	"Агробионав" 100 кг/га	7,2	4,3	4,6	5,4	1,70	
8	3	фон+ P7	6,5	6,0	5,0	5,8	0,39	
9	4	фон+ P14	6,8	5,5	5,5	5,9	0,38	
10	5	фон+ P34	7,0	6,1	7,0	6,7	0,18	
11	6	P68	7,3	6,5	7,3	7,0	0,14	
12		Общая дисперсия						1,24
13		межгрупповая дисперсия						0,727
14		Остаточная дисперсия						0,51
15		Общ.дисп. + м/гр. Диспр						1,24
16		среднее значение						5,88
17		Fфакт						3,42
18		Fтеор						3,33
19		Обобщенная ошибка средней разности, т/га						0,41
20		относительная ошибка средней, точность опыта						7,01
21		Ошибка разности, т/га						0,58
22		НСР 05						0,9

Расчет парной корреляции запасов подвижного фосфора в почве и доз фосфорного удобрения

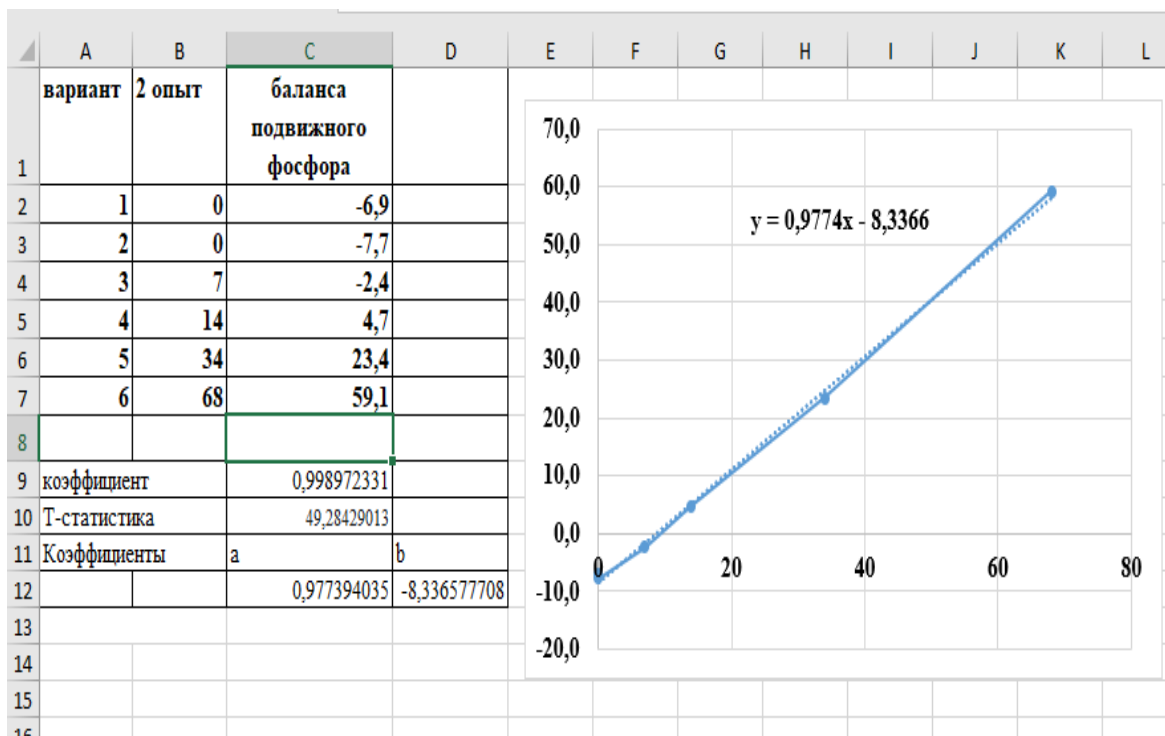


## Приложение 8

Дисперсионный анализ баланса подвижного фосфора в опыте по изучению доз фосфорного удобрения

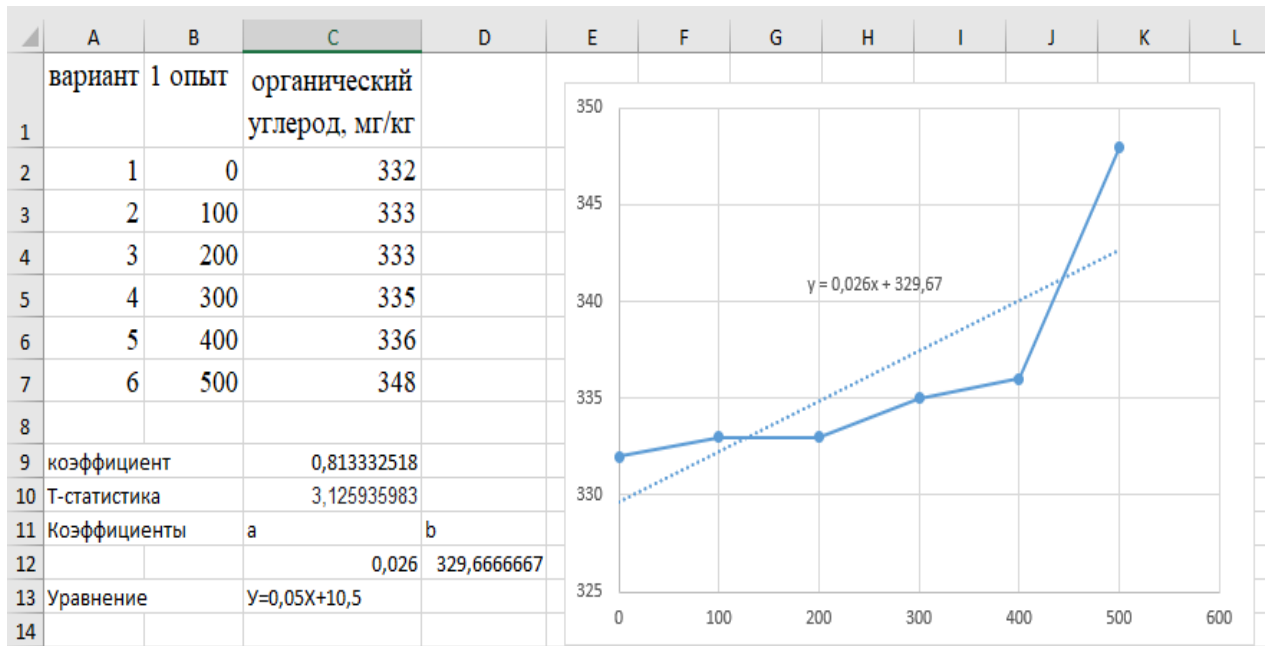
	A	B	C	D	E	F	G
1	2 опыт - Дисперсионный анализ баланса подвижного фосфора при изучении доз фосфорного удобрения						
2	баланс подвижного фосфора						
3	Исходные данные			n	1		
4				3	6		
5		Варианты	1	2	3	средне е	Внутригр. Дисп.
6	1	контроль	-6,20	-6,00	-8,60	-6,93	1,40
7	2	P7 - фон	-6,60	-7,00	-9,60	-7,73	1,77
8	3	фон + P7	-2,40	-1,70	-0,30	-1,47	0,76
9	4	фон+ P14	5,80	3,70	4,70	4,73	0,74
10	5	фон+ P34	19,50	27,80	23,40	23,57	11,50
11	6	P68	48,60	67,80	59,10	58,50	61,62
12	Общая дисперсия						559,26
13	межгрупповая дисперсия						546,295
14	Остаточная дисперсия						12,96
15	Общ.дисп. + м/гр. Диспр						559,26
16	среднее значение						11,78
17	Fфакт						101,14
18	Fгеор						3,33
19	Обобщенная ошибка средней разности, т/га						2,08
20	носительная ошибка средней, точность опыт.						17,65
21	Ошибка разности, т/га						2,94
22	НСР 05						4,6

Расчет парной корреляции баланса подвижного фосфора в почве и доз фосфорного удобрения, кг/га

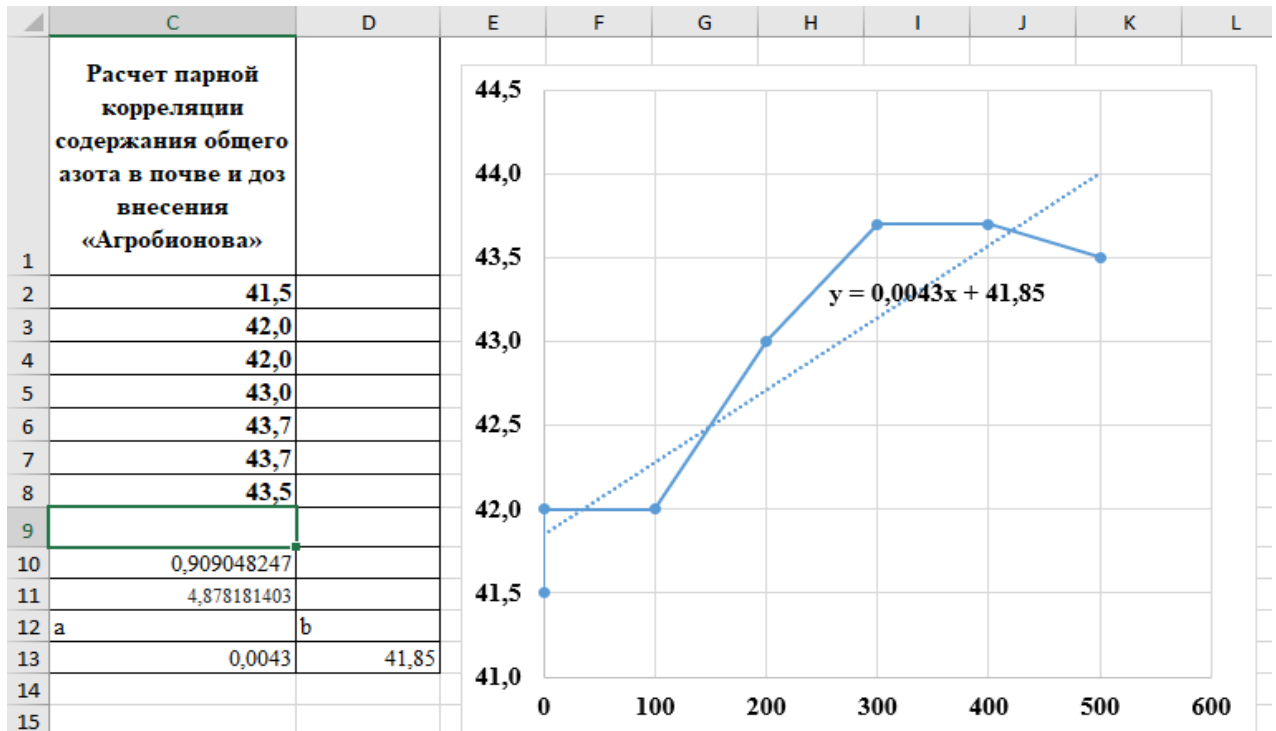


## Приложение 9

Расчет парной корреляции содержания органического углерода и доз внесения «Агробิโอнова»



Расчет парной корреляции содержания общего азота в почве и доз внесения «Агробิโอнова»

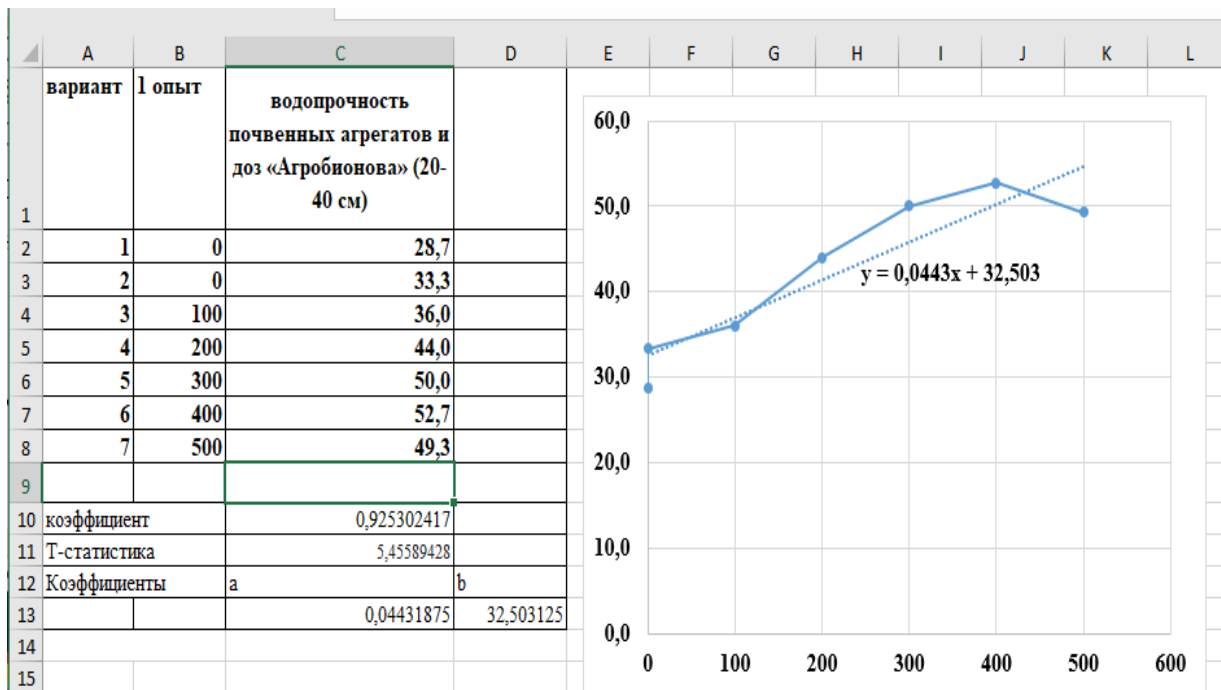


## Приложение 10

Дисперсионный анализ водопрочности почвенных агрегатов в опыте по изучению доз внесения «Агробионова» (20-40см)

	A	B	C	D	E	F	G
1		<b>1 опыт - Дисперсионный анализ водопрочности почвенных агрегатов в опыте изучения по внесению доз «Агробионова» (20-40 см)</b>					
2		<b>водопрочность почвенных агрегатов</b>					
3		<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>	<b>l</b>		
4				3	7		
5		<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>среднее</b>	<b>Внутригр. Дисп.</b>
6	1	контроль	22,0	38,0	26,0	28,7	46,22
7	2	P7 - фон	34,0	38,0	28,0	33,3	16,89
8	3	фон + A100	32,0	40,0	36,0	36,0	10,67
9	4	фон + A200	40,0	50,0	42,0	44,0	18,67
10	5	фон + A300	52,0	52,0	46,0	50,0	8,00
11	6	фон + A400	48,0	54,0	56,0	52,7	11,56
12	7	фон+A500	44,0	56,0	48,0	49,3	24,89
13		<b>Общая дисперсия</b>					<b>94,48</b>
14		<b>межгрупповая дисперсия</b>					<b>74,921</b>
15		<b>Остаточная дисперсия</b>					<b>19,56</b>
16		<b>Общ.дисп. + м/гр. Диспр</b>					<b>94,48</b>
17		<b>среднее значение</b>					<b>42,00</b>
18		<b>Fфакт</b>					<b>8,94</b>
19		<b>Fтеор</b>					<b>3,00</b>
20		<b>Обобщенная ошибка средней разности, ц/га</b>					<b>2,55</b>
21		<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>					<b>6,08</b>
22		<b>Ошибка разности, ц/га</b>					<b>3,61</b>
23		<b>НСР 05</b>					<b>5,6</b>

Расчет парной корреляции водопрочности почвенных агрегатов и доз внесения «Агробионова» (20-40 см)



## Приложение 11

Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения «Агробинона», 2018 год

<b>1 опыт Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения "Агробинона", 2018 год</b>							
<b>урожайность зерна ячменя</b>							
<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>	<b>l</b>				
		<b>4</b>	<b>7</b>				
<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>среднее</b>	<b>Внутри гр. Дисп.</b>	
1 контроль	1,36	1,31	1,40	1,45	1,36	0,00	
2 P7 - фон	1,80	1,70	1,10	1,00	1,53	0,13	
3 фон + A100	2,00	2,10	2,00	1,40	2,03	0,08	
4 фон + A200	1,90	1,80	2,00	1,46	1,90	0,04	
5 фон + A300	2,00	1,70	1,80	1,84	1,83	0,01	
6 фон + A400	1,80	1,60	2,00	2,20	1,80	0,05	
7 фон + A500	2,00	1,90	1,80	1,70	1,90	0,01	
<b>Общая дисперсия</b>						<b>0,07</b>	
<b>межгрупповая дисперсия</b>						<b>0,05</b>	
<b>Остаточная дисперсия</b>						<b>0,05</b>	
<b>Общ.дисп. + м/гр. Диспр</b>						<b>0,09</b>	
<b>среднее значение</b>						<b>1,77</b>	
<b>Fфакт</b>						<b>3,66</b>	
<b>Fтеор</b>						<b>2,66</b>	
<b>Обобщенная ошибка средней разности, т/га</b>						<b>0,11</b>	
<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>						<b>6,06</b>	
<b>Ошибка разности, ц/га</b>						<b>0,15</b>	
<b>НСР 05</b>						<b>0,22</b>	

## Приложение 12

Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, 2018 год

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		<b>2 опыт - Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, 2018 год</b>							
2		<b>урожайность зерна ячменя</b>							
3		<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>	<b>l</b>				
4				4	6				
5		<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>средне е</b>	<b>Внутригр. Дисп.</b>	
6	1	контроль без удобрения	0,87	0,68	0,80	0,74	0,77	0,00	
7	2	P7 - фон	0,85	0,71	0,90	0,83	0,82	0,00	
8	3	фон + P7	0,97	1,23	1,22	1,22	1,16	0,01	
9	4	фон+ P14	0,94	1,15	0,99	0,93	1,00	0,01	
10	5	фон+ P34	1,35	1,52	1,50	1,39	1,44	0,01	
11	6	P68	0,76	1,02	1,38	0,82	1,00	0,06	
12		<b>Общая дисперсия</b>							<b>0,07</b>
13		<b>межгрупповая дисперсия</b>							<b>0,049</b>
14		<b>Остаточная дисперсия</b>							<b>0,02</b>
15		<b>Общ.дисп. + м/гр. Диспр</b>							<b>0,06</b>
16		<b>среднее значение</b>							<b>1,03</b>
17		<b>Fфакт</b>							<b>11,41</b>
18		<b>Fтеор</b>							<b>2,90</b>
19		<b>Обобщенная ошибка средней разности, т/га</b>							<b>0,06</b>
20		<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>							<b>6,05</b>
21		<b>Ошибка разности, т/га</b>							<b>0,09</b>
22		<b>НСР 05</b>							<b>0,1</b>



## Приложение 13

Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения «Агробионова», 2019 год

<b>1 опыт Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения "Агробионова", 2019 год</b>							
<b>урожайность зерна ячменя</b>							
<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>	<b>l</b>				
			<b>4</b>	<b>7</b>			
<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>среднее</b>	<b>Внутри гр. Дисп.</b>	
1 контроль	0,84	0,68	0,77	0,70	0,76	0,00	
2 P7 - фон	1,10	0,81	0,92	0,90	0,94	0,01	
3 фон + A100	1,29	1,02	1,04	0,82	1,12	0,03	
4 фон + A200	1,05	0,90	1,14	0,90	1,03	0,01	
5 фон + A300	1,05	1,15	1,06	1,14	1,09	0,00	
6 фон + A400	0,87	0,98	1,06	1,14	0,97	0,01	
7 фон+A500	0,88	0,88	0,94	0,99	0,99	0,00	
<b>Общая дисперсия</b>						<b>0,02</b>	
<b>межгрупповая дисперсия</b>						<b>0,01</b>	
<b>Остаточная дисперсия</b>						<b>0,01</b>	
<b>Общ.дисп. + м/гр. Диспр</b>						<b>0,02</b>	
<b>среднее значение</b>						<b>0,99</b>	
<b>Fфакт</b>						<b>4,19</b>	
<b>Fтеор</b>						<b>2,66</b>	
<b>Обобщенная ошибка средней разности, т/га</b>						<b>0,05</b>	
<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>						<b>4,98</b>	
<b>Ошибка разности, ц/га</b>						<b>0,07</b>	
<b>НСР 05</b>						<b>0,10</b>	

## Приложение 14

Дисперсионный анализ урожайности ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, 2019 год

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		<b>2 опыт - Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, 2019</b>						
2		<b>урожайность зерна ячменя</b>						
3		<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>	<b>l</b>			
4				<b>4</b>	<b>6</b>			
5		<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>средн ее</b>	<b>Внутригр. Дисп.</b>
6	<b>1</b>	<b>контроль без удобрения</b>	<b>0,83</b>	<b>0,77</b>	<b>0,71</b>	<b>0,68</b>	<b>0,75</b>	<b>0,00</b>
7	<b>2</b>	<b>P7 - фон</b>	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>	<b>0,80</b>	<b>0,81</b>	<b>0,87</b>	<b>0,01</b>
8	<b>3</b>	<b>фон + P7</b>	<b>1,01</b>	<b>0,95</b>	<b>0,82</b>	<b>0,84</b>	<b>0,91</b>	<b>0,01</b>
9	<b>4</b>	<b>фон+ P14</b>	<b>1,02</b>	<b>1,09</b>	<b>0,78</b>	<b>0,85</b>	<b>0,94</b>	<b>0,02</b>
10	<b>5</b>	<b>фон+ P34</b>	<b>1,06</b>	<b>1,13</b>	<b>1,09</b>	<b>0,94</b>	<b>1,06</b>	<b>0,01</b>
11	<b>6</b>	<b>P68</b>	<b>1,08</b>	<b>0,94</b>	<b>0,92</b>	<b>0,74</b>	<b>0,92</b>	<b>0,01</b>
12		<b>Общая дисперсия</b>						<b>0,02</b>
13		<b>межгрупповая дисперсия</b>						<b>0,008</b>
14		<b>Остаточная дисперсия</b>						<b>0,01</b>
15		<b>Общ.дисп. + м/гр. Диспр</b>						<b>0,02</b>
16		<b>среднее значение</b>						<b>0,90</b>
17		<b>Fфакт</b>						<b>3,52</b>
18		<b>Fтеор</b>						<b>2,90</b>
19		<b>Обобщенная ошибка средней разности, т/га</b>						<b>0,05</b>
20		<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>						<b>5,10</b>
21		<b>Ошибка разности, т/га</b>						<b>0,07</b>
22		<b>НСР 05</b>						<b>0,1</b>

## Приложение 15

Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения «Агробионова», 2020 год

1 опыт Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения "Агробионова", 2020 год							
урожайность зерна ячменя							
Исходные данные		n		l			
		4		7			
Варианты	1	2	3	4	среднее	Внутри гр. Дисп.	
1 контроль	1,24	1,08	1,17	1,10	1,15	0,00	
2 P7 - фон	1,46	1,17	1,28	1,26	1,29	0,01	
3 фон + A100	1,73	1,46	1,48	1,26	1,48	0,03	
4 фон + A200	1,58	1,43	1,67	1,43	1,53	0,01	
5 фон + A300	1,51	1,61	1,52	1,60	1,56	0,00	
6 фон + A400	1,11	1,22	1,30	1,38	1,25	0,01	
7 фон+A500	1,05	1,05	1,11	1,16	1,09	0,00	
Общая дисперсия						0,04	
межгрупповая дисперсия						0,03	
Остаточная дисперсия						0,01	
Общ.дисп. + м/гр. Дисп						0,04	
среднее значение						1,34	
Fфакт						10,99	
Fтеор						2,66	
Обобщенная ошибка средней разности, т/га						0,05	
Относительная ошибка средней, точность опыта%						3,67	
Ошибка разности, ц/га						0,07	
НСР 05						0,10	

## Приложение 16

Дисперсионный анализ урожайности ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, 2020 год

A	B	C	D	E	F	G	H
<b>2 опыт - Дисперсионный анализ урожайности зерна ячменя в опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения, 2020</b>							
<b>урожайность зерна ячменя</b>							
<b>Исходные данные</b>		<b>n</b>		<b>l</b>			
		<b>4</b>		<b>6</b>			
	<b>Варианты</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>средн ее</b>	<b>Внутригр. Дисп.</b>
1	контроль без удобрения	1,19	0,96	0,92	1,25	1,08	0,02
2	P7 - фон	1,28	1,12	1,20	1,21	1,20	0,00
3	фон + P7	1,47	1,28	1,36	1,36	1,37	0,00
4	фон+ P14	1,56	1,35	1,27	1,37	1,39	0,01
5	фон+ P34	1,63	1,39	1,31	1,50	1,46	0,01
6	P68	1,50	1,37	1,33	1,39	1,40	0,00
<b>Общая дисперсия</b>							<b>0,03</b>
<b>межгрупповая дисперсия</b>							<b>0,017</b>
<b>Остаточная дисперсия</b>							<b>0,01</b>
<b>Общ.дисп. + м/гр. Диспр</b>							<b>0,03</b>
<b>среднее значение</b>							<b>1,32</b>
<b>Fфакт</b>							<b>6,42</b>
<b>Fтеор</b>							<b>2,90</b>
<b>Обобщенная ошибка средней разности, т/га</b>							<b>0,05</b>
<b>Относительная ошибка средней, точность опыта%</b>							<b>3,73</b>
<b>Ошибка разности, т/га</b>							<b>0,07</b>
<b>НСР 05</b>							<b>0,1</b>