

На правах рукописи

Аяпбергенова Анар Сайлаубековна

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

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Научный руководитель доктор биологических наук, профессор  
**Хусаинов Абильжан Токанович**

Официальные оппоненты: **Пронько Виктор Васильевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
ООО «LifeForce», зав. отделом науки и  
развития

**Синдирева Анна Владимировна**,  
доктор биологических наук, доцент,  
заведующая кафедрой геоэкологии и  
природопользования ФГБОУ ВО «Тюменский  
государственный университет»

Ведущая организация: ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета 35.2.035.05, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012 Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, зд. 4, стр.3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Вавиловский университет и на сайте [www.vavilovsar.ru](http://www.vavilovsar.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Полетаев Илья Сергеевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Дегумификация почв является одной из острейших агроэкологических проблем. В Республике Казахстан (РК) на черноземе обыкновенном с времен освоения целинных земель (1953г.) снижение содержания гумуса составило 20-25%. Деградация отмечается во всех типах черноземных почв, основного земледельческого фонда страны (Юмагулова А.Н., 1986, Кененбаев С.Б., 2003, Киреев А.К., 2000, Сапаров А.С., 2002). Черноземные почвы Северного Казахстана с низкой обеспеченностью подвижным фосфором составляет 47,2 % от их общей площади (Аханов Ж.У., 2008). За последние четверть века в Казахстане, существенно уменьшились площади плодородных почв. В Северном Казахстане урожайность зерновых культур не превышает 1,0-1,2 т/га и резко колеблется по годам (Хусаинов А.Т., 2011).

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 (Елешев Р.Е., 2011). 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. В среднем на гектар пашни на сегодняшний день вносится всего 5-6 кг/га (Сапаров А.С., 2004). Основной причиной уменьшения запасов гумуса и деградации земель явилось несоблюдение закона возврата именно, снижение объемов внесения органоминеральных удобрений (Елешев Р.Е., 2013, Крыгин В.А., 2014).

Применение отходов производства для улучшения плодородия 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. В Англии и Германии используют весь объем годового выхода ЗШО, в США – 70 %, в Польше и Китае – 80 % золы (Maiti D, 2012).

В настоящее время в республике накоплено более 500 млн. т золошлаков, ежегодное пополнение золоотвалов составляет 19 млн. тон (Ахмедьянов А.У., 2012). В то же время, утилизация и использование ЗШО в республике не превышает 8%, тогда как в Европе этот показатель, в среднем составляет 60% (Ермагамбет Б.Т., 2020).

В регионах Северного Казахстана запасы ЗШО составляют 370526,8 тыс. тонн. Они оказывают негативное воздействие на состояние окружающей среды. Использование ЗШО имеет экологическое значение в плане и утилизации, а также экономическое - за счет снижения затрат на удобрение почв (Хусаинов А.Т., 2018).

Золошлаки улучшают структуру почвы, обогащают ее микроэлементами (Хлебов А.Т., 2010, Гребенщиков Е.А., 2007). На черноземных почвах Северного Казахстана исследования по применению фосфорного удобрения в сочетании с

золоуглеродным препаратом «Агробионов» при возделывании ячменя ранее не проводились.

**Степень её разработанности.** Эффективность применения фосфорных удобрений на черноземных почвах изучалась многими авторами (Р.Ф. Макаров, 1989, В.Г. Рымарь, 2006, Н.С. Соколев, 1987 и др.). Но применение одного золошлака улучшает только азотный режим питания (А. Муханбет, 2016), что вызывает необходимость использования фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробионов». Исследованиями многих отечественных и зарубежных ученых 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. Kordala and A. Borowik (2022), R. Kaur, D. Goyal (2016) и другими учеными установлено, что ЗШО повышают плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур. На черноземных почвах Омской области РФ Сарсеновой А.А. (2013) изучены дозы внесения золоуглеродного препарата в зернопаровом севообороте и получен высокий эффект. Хусаинов А.Т., Муханбет А.К. (2016) в условиях Северного Казахстана изучали эффективность применения золошлака, фосфогипса и золоуглеродного препарата под яровую пшеницу, где препарат показал наилучший результат.

Это вызывает необходимость разработки и внедрения научно-обоснованных рекомендаций по применению углеродосодержащих удобрений, повышающих показатели плодородия почвы.

**Цель исследования:** разработать дозы внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов», обеспечивающие сохранение плодородия чернозема обыкновенного, 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 влияния золоуглеродного препарата «Агробион» на показатели плодородия чернозема обыкновенного и урожайность ярового ячменя.

4. Дать экотоксикологическую оценку различных доз внесения 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 доз внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность зерна ячменя; разработана математическая модель оптимизации показателей плодородия почвы и урожайности ячменя,

установлена экологическая безопасность и экономическая эффективность применения препарата «Агробионов».

**Теоретическая и практическая значимость работы.** 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 использование оптимальных доз внесения фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» обеспечит дополнительно земледелие Северного Казахстана экологически безопасным и экономически выгодным препаратом, произведенным из местных отходов энергетических предприятий и шинного завода. В частности, позволит повысить обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором; увеличить общее количество, в том числе численность агрономически 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 6405 руб./т и повышению рентабельности производства ярового ячменя до 108 %; утилизации местных отходов промышленности.

Результаты исследования внедрены в ТОО «Вишневокское» Тайыншинского района, Северо-Казахстанской области.

**Методология и методы исследования.** 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.

#### **Положения, выносимые на защиту**

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

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

3. Математическая модель влияния 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 «Агробиионов» на черноземе обыкновенном в степной зоне Северного Казахстана.

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

**Апробация результатов работы.** Результаты научно-исследовательских работ по теме диссертации доложены и обсуждены на расширенном заседании кафедры «Почвоведения и агрохимии» ГАУ Северного Зауралья; на заседаниях кафедры «Сельского хозяйства и биоресурсов», Совета Аграрно-технического института им. С. Садуакасова, научно-технического совета Кокшетауского университета (КУ) имени Ш. Уалиханова, на международных научно-практических конференциях: «Современные достижения в экологии, почвоведении и земледелии», «Уалихановские чтения - 2020», «Инновации в охране окружающей среды для устойчивого социально-экономического развития: Глобальное и Евразийское партнерство», «Мировые технологические тренды в развитии сельского хозяйства: производство, переработка, логистика и безопасность».

**Публикация результатов диссертации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 9 научных работах, в том числе 2 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 1 – монография, 2 – в базе Scopus, 3 – в материалах международных научно-практических конференций, 1 патент.

**Личный вклад автора:** автор принимал 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; статистической обработке полученных результатов и оформлении диссертационной работы.

Работа выполнена при поддержке Национальной программы грантов Республики Казахстан на 2018-2020 гг. Грантовое финансирование предоставлено Министерством образования и науки РК в рамках бюджетной программы 217 и подпрограммы 102 по проекту AR05131092 «Эколого-агрохимическая оценка применения препаратов из золошлака и наноуглерода для удобрения черноземных почв под сельскохозяйственные культуры», договор № 213 от 19 марта 2018 года.

**Реализация результатов исследования.** Результаты НИР внедрены в ТОО «Вишневокское» Тайыншинского района, Северо-Казахстанской области, на площади 400 га. В среднем за 2019-2020 годы урожайность ярового ячменя составила 1,4 т/га, в контроле 1,0 т/га, чистый доход – 2911 руб./га, себестоимость зерна снизилась до 6589 руб./т и рентабельность производства повысилась до 31,6 % (курс по состоянию на 21.06.2021г. 1 тенге = 5,86 руб.).

Материалы диссертации используются при проведении занятий по

дисциплинам «Агрохимия», «Почвы Казахстана и восстановление почвенного плодородия», «Новые технологии рационального использования биологических и сырьевых ресурсов», а также при выполнении курсовых, дипломных работ по образовательным программам бакалавриата 5В080800, магистратуры 6М080800 «Почвоведение и агрохимия»; 5В080100, 5М080100 «Агрономия» в (КУ) им. Ш. Уалиханова.

**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.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **1 Состояние изученности вопроса**

В главе 1 описаны современное состояние плодородия черноземных почв Северного Казахстана: влияние золошлаков на плодородие почв; эффективность и экологическая безопасность применения минеральных удобрений и отходов производства на посевах зерновых культур.

### **2 Условия, объекты и методы проведения исследований**

#### **2.1 Почвенно-климатические условия Северного Казахстана**

Исследования проводились в 2018-2020 гг. на опытном поле «Элит» КУ им. Ш. Уалиханова. Климат региона характеризуется холодной, продолжительной зимой; жарким, но сравнительно коротким летним периодом, с малым количеством атмосферных осадков. Среднегодовое количество осадков составляет 350 мм, 70-100 мм из них выпадает в зимний период.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, карбонатный, среднемощный, мало гумусный, тяжелосуглинистый. В слое почвы 0-20 см содержится 3,9 % гумуса, 38 мг/кг легкогидролизуемого азота, 12 мг/кг подвижного фосфора и 480 мг/кг обменного калия. По степени обеспеченности легкогидролизуемым азотом (по классификации Тюрина и Кононовой) и подвижным фосфором (по классификации Мачигина) относится к низкой; обменным калием – высокой. Реакция почвенного раствора слабо щелочная – 7,5.

**2.2 Условия, объекты и методика исследования.** Проведены следующие полевые и лабораторные опыты:

Полевой опыт 1. «Влияние доз внесения золоуглеродного препарата «Агробинонов» на агрофизические, агрохимические, биологические свойства чернозема обыкновенного и урожайность зерна ярового ячменя», заложен по схеме 1) контроль - без удобрения и препарата; 2) P<sub>7</sub> - 1/10 расчетной дозы (фон); 3) фон + препарат «Агробинонов» 100 кг/га; 4) фон + препарат 200 кг/га; 5) фон + препарат 300 кг/га; 6) фон + препарат 400 кг/га; 7) фон + препарат «Агробинонов» 500 кг/га.

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

урожайность ячменя», заложен по схеме 1) контроль - без удобрения; 2) препарат «Агробиионов» 100 кг/га; 3) препарат 100 кг/га + P<sub>7</sub> - 1/10; 4) препарат 100 кг/га + P<sub>14</sub> - 1/5; 5) препарат «Агробиионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> - 1/2; 6) P<sub>68</sub> - полная расчетная доза. В среднем за 2018-2020 годы полная расчетная доза P составила 68 кг/га д.в. под планируемый урожай зерна ячменя 2,0 т/га.

Агротехника, принятая для зоны, сорт ячменя «Астана - 2000».

Лабораторный опыт: «Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя водной суспензией золоуглеродного препарата «Агробиионов» на активность прорастания», поставлен по схеме 1) контроль – без обработки; 2) 0,1 % раствор; 3) 1,0 %; 4) 2,5 %; 5) 5,0%; 6) 7,5%; 7) 10,0% раствор.

В 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):

8. Активность разложения целлюлозоразлагающих бактерий – по методу Е.Н. Мишустина;

9. Агрегатный анализ почвы по методу Н.И. Савинова;

10. Водопрочность почвенных агрегатов – методом П.И. Андрианова;

11. Баланс элементов питания в почве рассчитывали по Б.А. Ягодину, из дозы внесенного удобрения вычитали вынос питательных элементов. 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.

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

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

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2018- 2020 гг.) резко отличались. 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 средне многолетних показателей (174 мм). 2019 год отличался резкой засухой, температура наблюдалась на уровне средне многолетних показателей. За вегетационный период выпало 112 мм осадков, что на 62 мм ниже средне многолетних данных (174 мм). Общее количество выпавших осадков за вегетационный период в 2020 году составило 114 мм, что ниже средне многолетних на 60 мм.

## **3. Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя**

### **3.1 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» 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. Внесение доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» не оказало существенного влияния на величину рН водной суспензии – 7,4-7,5.

**Обеспеченность чернозема обыкновенного основными элементами питания.** Весной перед закладкой опытов в исследуемом черноземе обеспеченность почвы легкогидролизующим азотом и подвижным фосфором была очень низкой, в среднем составила 13 и 10 мг/кг, а обменным калием - высокой (480 мг/кг).

**Легкогидролизующий азот.** В среднем за три года в вариантах фон + «Агробионов» 300, 400 и 500 кг/га содержание легкогидролизующего азота было достоверно выше контроля и составило в фазу кущения 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 (таблица 1).

Улучшение азотного режима питания в период вегетации ярового ячменя связано с повышением микробиологической активности почвы и улучшением состава микрофлоры исследуемого чернозема при внесении препарата «Агробионов» в дозах 300-500 кг/га. Рассчитана тесная корреляционная связь между микробиологической активностью, составом микрофлоры почвы, содержанием легкогидролизующего азота в почве и дозами препарата.

Таблица 1 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на обеспеченность чернозема обыкновенного легкогидролизующим азотом и подвижным фосфором, мг/кг, в слое 0-40 см (среднее за 2018 – 2020 гг.)

№	Вариант	Обеспеченность легк.азотом и подвижным фосфором 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
1	Контроль – без удобрения и препарата	10,2	3,8	12,5	6,0	5,9	5,1
2	P <sub>7</sub> -1/10 (фон)	10,5	4,6	12,7	6,1	5,3	5,1
3	Фон + «Агробионов» 100 кг/га	9,5	4,5	11,3	5,1	4,8	4,5
4	Фон + «Агробионов» 200 кг/га	10,0	4,8	12,2	5,4	5,2	4,9
5	Фон + «Агробионов» 300 кг/га	12,4	4,9	14,6	6,1	5,0	5,7
6	Фон + «Агробионов» 400 кг/га	12,5	4,3	13,2	6,5	5,2	5,0
7	Фон + «Агробионов» 500 кг/га	11,8	4,3	13,4	5,6	5,4	4,7
НСР <sub>05</sub>		1,2	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>
Коэффициент корреляции (r)		0,78	0,51	0,59	0,3	-0,2	-0,4

В опыте по внесению препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения в фазу кущения ячменя содержание легкогидролизующего азота в удобренных вариантах было достоверно выше - 11,3-13,0 мг/кг. Причем, с увеличением дозы фосфорного удобрения от P<sub>7</sub> до P<sub>68</sub> содержание легкогидролизующего азота возрастало: наибольшее его содержание отмечалось в варианте P<sub>68</sub> – 13,0 мг/кг (в контроле 10,2 мг/кг). Определена прямая очень сильная корреляционная связь между этими показателями, коэффициент корреляции (r) = 0,92.

**Подвижный фосфор.** В среднем за 3 года в контрольном варианте содержание подвижного фосфора было очень низким – 3,8 мг/кг. Внесение препарата «Агробионов» не оказало существенного влияния на обеспеченность почвы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 4,3-4,9 мг/кг.

В опыте по изучению доз внесения фосфорного удобрения содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в фазу кущения ячменя в контроле составило 4,4 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. Установлена прямая весьма сильная корреляционная связь содержания подвижного фосфора в почве от дозы внесения фосфорного удобрения, коэффициент корреляции r = 0,85.

**Обменный калий.** Содержание обменного калия в исследуемом черноземе высокое - 480 мг/кг и не является лимитирующим фактором формирования урожая.

**Баланс питательных элементов.** В опыте по изучению доз внесения препарата «Агробионов» запасы легкогидролизующего азота в контроле составило в среднем 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 их запасы содержались в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га - 54,6 кг/га (12,1 мг/кг). Установлена прямая сильная корреляционная связь общих запасов легкогидролизующего азота в почве с дозами внесения препарата: коэффициент

корреляции:  $r=0,74$ . Соответственно достоверно повышался коэффициент использования из почвы (КИП) легкогидролизуемого азота, в вариантах с дозами внесения «Агробионова» от 100 до 400 кг/га - до 53 - 58 % (в контроле – 47 %). Установлена прямая сильная корреляционная связь коэффициента использования почвенного азота с дозами внесения препарата «Агробионов»:  $r=0,65$ .

При уровне урожайности зерна ячменя в 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  $P_2O_5$  в контроле составил -8,8 кг/га/ (-2,0 мг/кг). 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 %.

В опыте по изучению доз фосфорного удобрения на фоне 100 кг/га препарата «Агробионов» 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 их запасы в почве установлены в варианте препарат «Агробионов» 100 кг/га +  $\frac{1}{2}$  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  $r = 0,75$ . В удобренных вариантах коэффициент использования почвенного легкогидролизуемого азота существенно не отличался от контроля 47-51 % (в контроле 41 %).

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

Повысились общие запасы фосфора в почве от 41,8 кг/га (9,5 мг/кг) до 98,6 кг/га (22,4 мг/кг) - в контроле 28,2 кг/га. Наибольшие запасы фосфора отмечены в варианте  $P_{68}$  – 98,6 кг/га (22,4 мг/кг). Установлено достоверное снижение КИП с возрастанием дозы фосфорного удобрения от 30 до 9% (в контроле – 32 %).

**Органический углерод и общий азот.** Дозы внесения препарата «Агробионов» не оказали существенного влияния на содержание органического углерода в почве и составили 332–348 мг/кг (в контроле 332 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 существенно не изменилось – 42,0-43,7 мг/кг, по сравнению с контролем - 41,5 мг/кг. Установлена очень тесная корреляционная связь содержания общего азота в почве с дозами внесения препарата «Агробионов»: коэффициент корреляции  $r = 0,90$ . Соотношение содержания общего углерода к общему азоту

существенно не изменилось и составило 7,7-8,0 (в контроле 8,0).

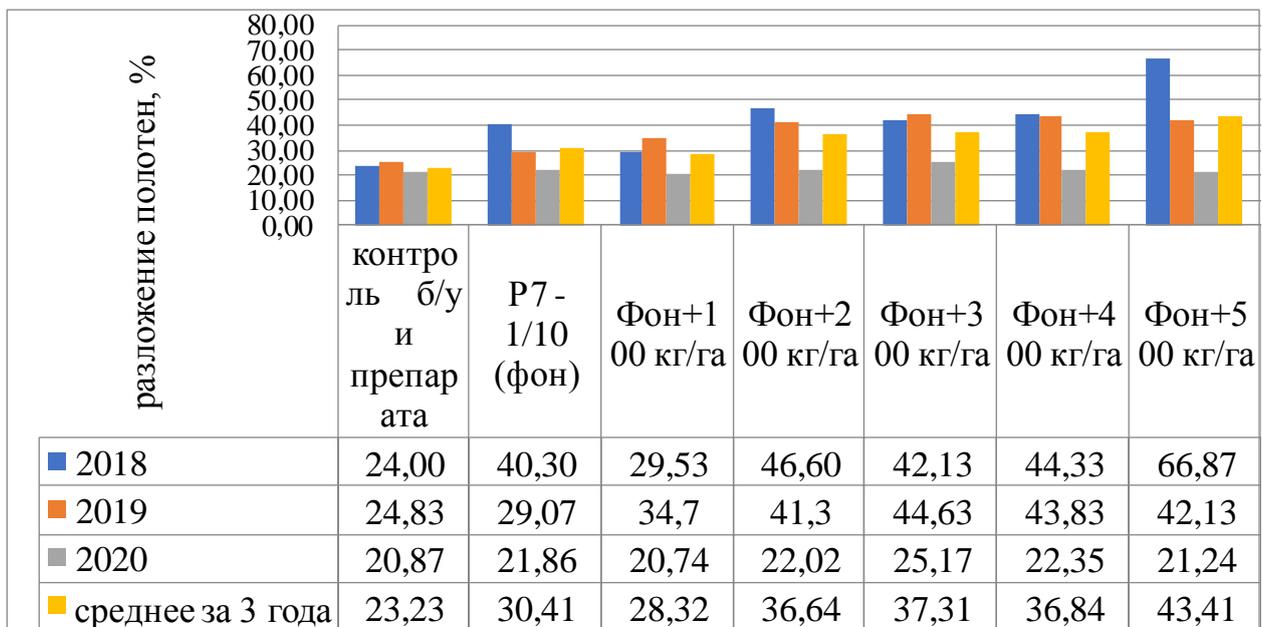
### **3.2 Влияние доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на микрофлору чернозема обыкновенного.**

**Численность и состав микрофлоры почвы.** Внесение препарата «Агробионов» в дозах 100-500 кг/га способствовало увеличению общей численности микроорганизмов в почве до 201,0-386,7 млн. КОЕ/г, максимальная численность микроорганизмов установлена в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 386,7 млн. КОЕ/г (в контроле – 107,3 млн. КОЕ/г). Изменился и состав микрофлоры: 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 возросло 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 24,3-42,2 тыс. КОЕ/г (в контроле 17,8 тыс. КОЕ/г). Максимальная численность вышеуказанных групп микроорганизмов установлена на варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га.

Коэффициенты минерализации и иммобилизации почвы существенно не изменились и составили, соответственно, 0,72-0,75 (в контроле 0,76) и 1,34-1,39 (в контроле 1,31). Исключение составил вариант фон + «Агробионов» 300 кг/га, где коэффициент минерализации был ниже контроля – 0,64, а коэффициент иммобилизации – выше контроля 1,57. То есть, данный вариант оказал позитивное влияние на сохранение потенциального плодородия почвы.

**Активность целлюлозоразлагающих бактерий в почве.** Внесение препарата «Агробионов» способствовало повышению активности целлюлозоразлагающих бактерий в среднем за вегетационный период до 30,9-43,5 % (в контроле 23,9 %). Наибольшая активность установлена в вариантах P<sub>7</sub> + «Агробионов» 300 кг/га – 41,9 % и P<sub>7</sub> + «Агробионов» 500 кг/га – 43,5 % (рисунок 1).

Совместное внесение золоуглеродного препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения также способствовало повышению активности целлюлозоразлагающих бактерий до 32,3-34,3 % (в контроле - 21,8 %). Наибольшая активность установлена в вариантах препарат 100 кг/га + P<sub>34</sub> – 34,3% и препарат 100 кг/га + P<sub>14</sub> – 33,6 %.



2018 г. - НСР<sub>05</sub> = 2,0, r = 0,82; 2019 г. - НСР<sub>05</sub> = 1,8, r = 0,86; 2020 г. - НСР<sub>05</sub> = 1,06, r = 0,30; среднее - НСР<sub>05</sub> = 1,65, r = 0,91

Рисунок 1 - Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на активность целлюлозоразлагающих бактерий в черноземе обыкновенном при возделывании ярового ячменя, %, слой 0-20 см, 2018-2020 гг.

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

**Структура почвы.** Под влиянием доз внесения препарата «Агробионов» отмечалось повышение содержания агрономически ценных (0,25-10 мм) почвенных агрегатов до 62,0-67,2 % (в контроле – 58,4%); наибольшее повышение отмечено в вариантах фон + «Агробионов» 400 кг/га и фон + «Агробионов» 300 кг/га соответственно – 67,2 % и 65,0 %; коэффициент оструктуренности составил 2,0-1,9 (в контроле 1,4).

Внесение «Агробионов» 100 кг/га в сочетании с дозами фосфорных удобрений не оказало существенного влияния на структурное строение почвы; содержание агрономически ценных агрегатов составило 61,1- 62,8 % (в контроле – 61,0 %); коэффициент оструктуренности составил 1,6-1,7 (в контроле 1,6).

**Водопрочность почвенных агрегатов.** Водопрочность почвенных агрегатов в слое 0-20 см под влиянием доз препарата «Агробионов» повысилась до 47,3-60,7 %, в контроле – 27,3 %. Максимальная водопрочность установлена в вариантах препарат «Агробионов» 200, 300, 400 и 500 кг/га – 60,7, 57,0, 52,7 и 54,7 % соответственно. Положительное действие 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 препарата «Агробионов» 300, 400 и 500 кг/га – 50,0, 52,7 и 49,3 % (рисунок 2).

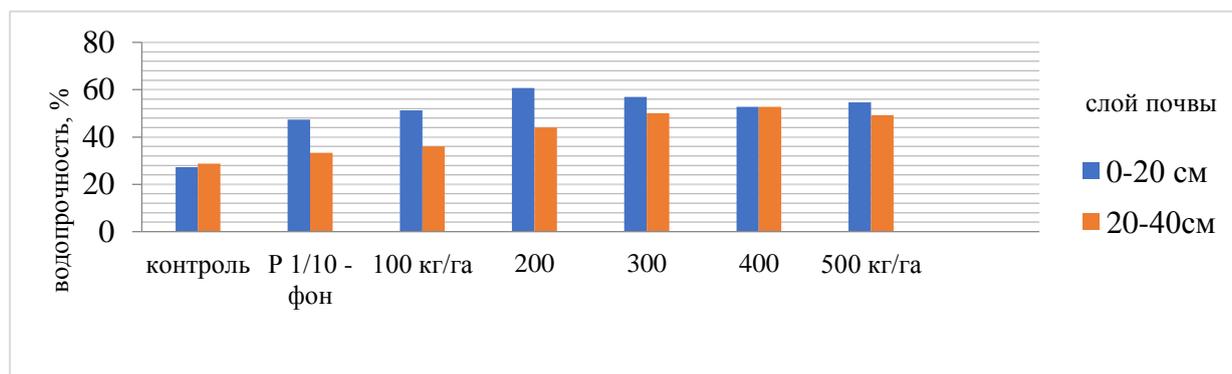


Рисунок 2 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на водопрочность почвенных агрегатов в черноземе обыкновенном при возделывании ячменя, %, среднее за 2018-2020 гг.

Под влиянием препарата «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением установлено повышение водопрочности почвенных агрегатов в слое 0-20 см до 34,0-51,3 % (в контроле 29,3 %), а в слое почвы 20-40 см - до 29,3-44,0 % (в контроле 15,3 %); наибольший эффект получили в вариантах «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub>, P<sub>34</sub> и P<sub>68</sub>, среднее значение которого в слое 0-20 см составило 51,3, 46,0 и 46,3 % и в слое 20-40 см – 44,0%, 32,7 и 36,7 % соответственно.

**Запасы доступной влаги в почве.** Весной 2018 г. наибольшие запасы доступной влаги в почве содержались в вариантах с дозами внесения препарата «Агробионов» 200 и 300 кг/га – 197,0 и 192,3 мм/м (в контроле 154,4 мм/м). В остальные годы и фазы развития ячменя между вариантами опыта существенной разницы не установлено.

В опыте по изучению препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения запасы доступной влаги в почве, в зависимости от условий увлажнения вегетационного периода, колебались от 100,0 до 200,0 мм/м, варианты опыта существенно не отличались от контроля.

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

#### Влияние предпосевной обработки препаратом «Агробионов» на активность прорастания и лабораторную всхожесть семян ячменя.

Наибольший эффект получили при предпосевной обработке семян ячменя 10-% водной суспензией препарата «Агробионов», где лабораторная всхожесть повысилась до 92,5 % (в контроле 63,5 %); длина побегов - до 118,8 мм (в контроле 68,0 мм); длина корешков - до 7,4 мм (в контроле 5,7 мм); индекс фитоактивности - до 1,59 (рисунок.3).

**Полевая всхожесть семян и сохранность растений ячменя.** Наибольшую полевую всхожесть получили в вариантах фон + «Агробионов» 300 кг/га, 400 и 500 кг/га – 84,9 %, 86,9 и 82,9 % (в контроле – 73,1 %). В опыте по изучению препарата «Агробионов» в сочетании с дозами фосфорного удобрения наибольшую полевую всхожесть получили в вариантах препарат «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>7</sub>, P<sub>14</sub> и P<sub>34</sub>, соответственно 76,0%, 74,9 и 76,6% (в контроле 59,4%).

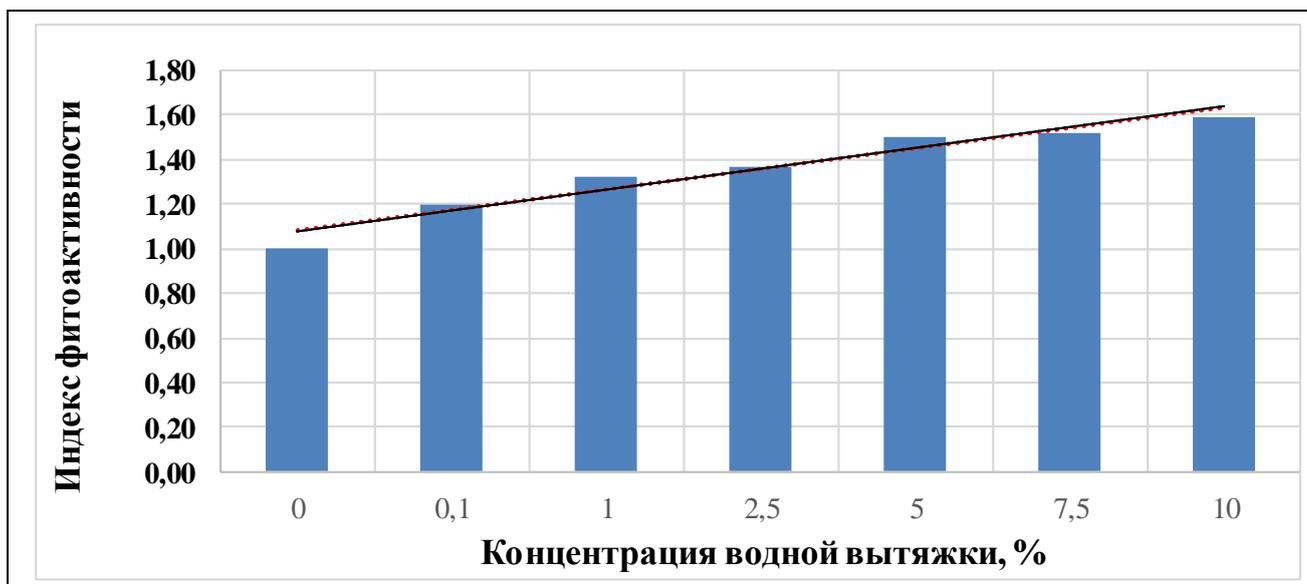


Рисунок 3 – Влияние концентрации водной суспензии препарата «Агробионов» на индекс фитоактивности семян ячменя

**Урожайность ячменя.** В вариантах с дозами внесения препарата «Агробионов» от 100 до 500 кг/га урожайность зерна ячменя в среднем за 3 года составила 1,31-1,50 т/га, что выше контроля на 20,2-37,6 % (в контроле 1,09 т/га). Максимальный урожай получен в варианте фон + «Агробионов» 300 кг/га – 1,50 т/га, что выше контроля на 37,6 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на урожайность зерна ячменя

№	Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка к контролю	
		2018	2019	2020	среднее	т/га	%
1	Контроль – без удобрения	1,38	0,75	1,15	1,09	-	-
2	P 1/10 - фон	1,40	0,93	1,29	1,21	0,12	11,0
3	Фон + «Агробионов» 100 кг/га	1,88	1,04	1,48	1,47	0,38	34,9
4	Фон + «Агробионов» 200 кг/га	1,79	1,00	1,53	1,44	0,35	32,1
5	Фон + «Агробионов» 300 кг/га	1,84	1,10	1,56	1,50	0,41	37,6
6	Фон + «Агробионов» 400 кг/га	1,90	1,01	1,25	1,39	0,30	27,5
7	Фон + «Агробионов» 500 кг/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		

Под влиянием доз фосфорного удобрения на фоне препарата «Агробионов» 100 кг/га урожайность зерна ячменя повысилась до 1,10-1,32 т/га, что выше контроля на 0,23-0,45 т/га или 26,4-51,7 % (в контроле - 0,87 т/га). Максимальный урожай получен в варианте «Агробионов» + P<sub>34</sub> – 1,32 т/га, что выше контроля на 0,45 т/га или на 51,7 % (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние доз фосфорного удобрения в сочетании с препаратом «Агробиионов» на урожайность ячменя

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

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

Улучшение агрофизических, биологических свойств и водного режима почвы способствовало повышению ее эффективного плодородия. 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 в 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 агрономический 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 ( $r = 0,44$ ).

По данным матрицы парных корреляционных связей показателей почвенного плодородия и урожайности зерна ячменя вывели уравнение криволинейной множественной регрессии:

$$Y = -3,405 - 0,045X_1 + 0,003 X_2 - 0,001 X_3 + 0,050 X_4, \text{ где}$$

Y – урожайность ячменя, т/га; X<sub>1</sub> – доза препарата «Агробиионов», X<sub>2</sub> - целлюлозоразлагающая способность почвы, %; X<sub>3</sub> – водопрочность почвенных агрегатов в слое 0-20см, %; X<sub>4</sub> – запасы доступной влаги в почве в фазу кущения ячменя, мм/м.

Значение фактической урожайности существенно не отличалось от расчетной: отклонение составило -3,33 - + 4,31 %.

#### **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**

При внесении золоуглеродного препарата «Агробионов» содержание свинца в почве возросло до 2,10-2,60 мг/кг (в контроле 0,56 мг/кг), но не превышало ПДК - 32 мг/кг; цинка составило на уровне контроля – 0,20-0,40 мг/кг (в контроле – 0,37 мг/кг); меди - 0,20-0,64 мг/кг (в контроле – следы) при ПДК – 55,0 мг/кг; кадмия, мышьяка и ртути было ниже пределов обнаружения прибора. Содержание свинца в зерне ячменя возросло до 0,33-0,47 мг/кг (в контроле – 0,32 мг/кг) при ПДК 0,50 мг/кг. Содержание кадмия, цинка, мышьяка и ртути в зерне ячменя находилось ниже пределов обнаружения.

Внесение препарата «Агробионов» в сочетании с фосфорным удобрением способствовало увеличению содержания свинца в почве до 1,3-1,7 мг/кг (в контроле 0,89 мг/кг), но не превышало ПДК – 32 мг/кг; меди возросло до 0,14-2,1 мг/кг (в контроле – 0,1 мг/кг), при ПДК 55 мг/кг; цинка - не превышало контрольного варианта (1,6 мг/кг) и составило 1,0-2,3 мг/кг. Содержание свинца в зерне ячменя на удобренных вариантах увеличилось до 0,30-0,43 мг/кг (в контроле – 0,25 мг/кг) при ПДК 0,50 мг/кг; кадмия, мышьяка и ртути в зерне ячменя находилось ниже пределов обнаружения.

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

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 возрастал от 19585 до 19984 руб. (в контроле 14522 руб.), но чистый доход снижался 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 %).

Совместное внесение доз фосфорного удобрения и препарата «Агробионов» 100 кг/га также обеспечил хороший экономический эффект. В удобренных вариантах увеличились объемы произведенной продукции до 12790 - 17586 руб./га, наибольший выход продукции получили 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> получили убыток в размере 7665 руб./га. Наибольший экономический эффект обеспечил вариант «Агробионов» 100 кг/га

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по изучению влияния доз фосфорного удобрения и золоуглеродного препарата «Агробионов» на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ярового ячменя в условиях Северного Казахстана были сделаны следующие выводы:

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 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> – 54,6 кг/га или 12,1 мг/кг. (в контроле – 48,3 кг/га или 11,0 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<sub>7</sub> + «Агробионов» 300 кг/га – 41,9 % и P<sub>7</sub> + «Агробионов» 500 кг/га – 43,41 % (в контроле 23,9 %); «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>34</sub> – 34,30 % и «Агробионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub> – 33,6 % (в контроле 21,8 %).

Наибольшее повышение агрономически ценных почвенных агрегатов (0,25-10мм) установлено в вариантах P<sub>7</sub> + «Агробионов» 300 кг/га – 65,0 % и P<sub>7</sub>+ «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 «Агробиионов» 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 «Агробиионов» 300, 400 и 500 кг/га – 50,0, 52,7 и 49,3 % (в контроле 28,7%). Наибольший эффект получили в вариантах «Агробиионов» 100 кг/га + P<sub>14</sub>, P<sub>34</sub> и P<sub>68</sub>, в слое 0-20 см – 51,3 %, 46,0 и 46,3 % (в контроле 2,9 %); в слое 20-40 см – 44,0 %, 32,7 и 36,7 % (в контроле 15,3 %). В условиях 2018 года в фазу кущения ярового ячменя наибольшие запасы доступной влаги в почве содержались в вариантах с дозами внесения препарата «Агробиионов» 200 и 300 кг/га – 197,0 и 192,3 мм/м (в контроле 154,4 мм/м).

2. Предпосевная обработка семян ячменя 10 %-ой водной суспензией препарата «Агробиионов» 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 получили в вариантах фон + препарат «Агробиионов» 300 кг/га – 1,50 т/га, что выше контроля на 37,6 % (в контроле 1,09 т/га) и «Агробиионов» + P<sub>34</sub> – 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 агрономический ценных частиц в слое почвы 0-20 см  $r = 0,67$ ;

4. Установлена экологическая безопасность применения препарата «Агробиионов» 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 получили в варианте P<sub>7</sub> + «Агробиионов» 100 кг/га, где выход продукции составил 19585 руб. руб./га, себестоимость 1 тонны ярового ячменя – 6405 руб., чистый доход – 10170 руб./га и уровень рентабельности – 108 % (в контроле 98,9 %).

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

После включения золоуглеродного препарата «Агробиионов» 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 «Агробиионов» 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 «Агробиионов» в дозе 100 кг/га на фоне 1/10 расчетной дозы фосфорного удобрения.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

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

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ**

1. Хусаинов А.Т. Влияние препарата «Агробиионов» и минеральных удобрений на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя / А.Т. Хусаинов, **А.С. Аяпбергенова**, Хусаинова Р.К. // Агротехнический вестник. – 2020. – № 4. – С. 51-56. (0,63 п.л., авт. – 0,2).

2. Хусаинов А.Т. Фитоактивность прорастания семян ячменя при обработке препаратом «Агробиионов» / А.Т. Хусаинов, **А.С. Аяпбергенова**, Кыздарбекова Г.Т. // Плодородие. – 2020. – № 4(115). – С.41-44. (0,38 п.л., авт. – 0,12).

#### **Публикации в изданиях, проиндексированном в Scopus**

1. Khussainov A. Microflora, Provision of Ordinary Chernozem with Nutrients and Barley Productivity when Inoculating the “Agrobionov” Preparation / A.Khussainov, **A. Ayapbergenova**, A.Sarsenova // AGRIVITA Journal of Agricultural Science. 2021. – № 43(1): 13–24. (Q3) – база данных Scopus. (1,38 п.л., авт. – 0,25).

2. Khussainov A. Environmental safety and efficacy of ordinary chernozem fertilization with “Agrobionov” preparation under barley crops / A T Khussainov, M K Syrlybayev and **A. S. Ayapbergenova** // – (Q4) – International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012227 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/624/1/012227 -база данных Scopus. (0,44 п.л., авт. – 0,13).

#### **Публикации в других научных изданиях**

1. Хусаинов А.Т. Влияние доз внесения препарата из золошлака и технического углерода на водно-физические свойства чернозема обыкновенного на посевах ячменя / А.Т. Хусаинов, **А.С. Аяпбергенова** // Материалы международной научно-практической конференции «Современные достижения в экологии и почвоведении и земледелии». – Кокшетау, 2019. – С. 334-343. (0,09 п.л., авт. – 0,45).

2. Хусаинов А.Т. Изменение водно-физических свойств чернозема обыкновенного при внесении препарата «Агробиионов» / А.Т. Хусаинов, Е.Ж. Айшук, Р.К. Хусаинова, А.Ж. Хамитова, **Аяпбергенова А.С.** // Материалы

международной научно-практической конференции «Шоқан оқулары – 24». – Кокшетау, 2020. – С. 334-343. (0,62 п.л., авт. – 0,1,2).

3. Хусаинов А.Т. Влияние препарата «Агробионов» и минеральных удобрений на водно-физические свойства чернозема обыкновенного под посевами ячменя / А.Т. Хусаинов, **А.С.Аяпбергенова**, Е.Ж. Айшук // Материалы международной научно-практической конференции «Шоқан оқулары – 24». – Кокшетау, 2020. – С. 344-352. (0,50 п.л., авт. – 0,15).

4. Патент № 4552 на полезную модель: – «Способ предпосевной обработки семян ячменя препаратом «Агрогбионов», произведенным на основе золошлака и технического углерода». Алматы, РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности от 27.06.2019. Авторы: Хусаинов А.Т., Сарсенова А.А., Кыздарбекова Г.Т., **Аяпбергенова А.С.** (авт. – 0,02).

5. Хусаинов А.Т. Эколого-агрохимическая оценка применения препаратов из золошлаков и наноуглерода для удобрения черноземных почв под сельскохозяйственные культуры: монография / А.Т. Хусаинов, А.А. Сарсенова, Б.Х. Есенжолов, Г.Т. Кыздарбекова, **А.С. Аяпбергенова**, Е.Ж. Айшук. – Кокшетау: Редакционный издательский отдел КУ им. Ш. Уалиханова, 2020. – 152с. (9,5 п.л., авт. – 0,12).