

На правах рукописи

**ЧЕВЕРДИН АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ**



**ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ  
АССОЦИАТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПЛОДОРОДИЕ  
ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И  
УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В ЦЧР**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Рамонь – 2021

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им.В.В. Докучаева в 2015-2018 гг.

Научный руководитель: **Турусов Виктор Иванович**

доктор сельскохозяйственных наук, академик  
РАН главный научный сотрудник ФГБНУ  
Воронежский Федеральный аграрный научный  
центр им.В.В. Докучаева

Официальные оппоненты: **Лукин Алексей Леонидович**

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, зав. кафедрой земледелия,  
растениеводства и защиты растений  
ФГБОУ ВО «Воронежский государствен-  
ный аграрный университет им.  
императора Петра 1»

**Чуян Наталья Анатольевна**

доктор сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории  
агрочвоведения ФГБНУ Курский  
Федеральный аграрный научный центр

Ведущая организация: **Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н.Прянишникова**

Защита состоится «24» сентября 2021 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 006.065.01. при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» по адресу: 396030, Воронежская область, Рамонский район, п. ВНИИСС, дом 86; тел./факс 8(47340)5-33-26. E-mail: [dissovetvniiss@mail.ru](mailto:dissovetvniiss@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» и на сайте <http://vniiss.com>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г., размещен на сайте <http://vniiss.com>. «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г., на сайте ВАК Минобрнауки РФ [vak3.ed.gov.ru](http://vak3.ed.gov.ru) «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

доктор сельскохозяйственных наук

 **Минакова**  
Ольга Александровна

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Сложная экономическая ситуация в сельскохозяйственном производстве страны вызывает необходимость поиска решений для улучшения обеспеченности ярового ячменя источниками минерального питания. Высокая стоимость минеральных удобрений и экологические аспекты их применения (негативные последствия для микробиоты и течения основных почвенных процессов) являются одним из основных сдерживающих факторов увеличения их дозы внесения. Поэтому поиск нетрадиционных путей оптимизации минерального питания ячменя является актуальной задачей.

Яровой ячмень относится к одной из основных зерновых сельскохозяйственных культур, возделываемых в нашей стране, и имеющих большое народнохозяйственное значение. Площадь посева ячменя в России в настоящее время увеличилась до 8,78 млн га, в Центральном Федеральном округе – до 2,0 млн га, в Воронежской области – на уровне 360-380 тыс. га. Валовой сбор зерна ячменя по Воронежской области в 2018-2019 гг. составил более 925 тыс. т, средняя урожайность – 25,5 ц/га.

Одним из перспективных направлений биологизации современного сельскохозяйственного производства является поиск и изучение новых почвенных микробных штаммов. В связи с этим доказана эффективность многих микробных биопрепаратов, способствующих росту продуктивности зерновых культур и ярового ячменя (Tambukar G.S., 2006 и др.; Тихонович И.А. и др., 2011; Алметов Н.С. и др., 2013; Кожемяков А.П., и др., 2015; Безлер Н.В. и др., 2016; Завалин А.А. и др., 2019; Шулико Н.Н. и др., 2019).

Созданным на их основе биопрепаратам принадлежит существенная роль в улучшении условий корневого питания, фитопатогенной ситуации агроценозов, снижению негативных рисков, обусловленных изменениями климатических условий. Включение в технологию производства сельскохозяйственных культур и ярового ячменя микробных препаратов позволит снизить энергоэкономические затраты (Абдул Ссалям Дахмуш, Кожемяков А.П., 2007; Кожемяков А.П. и др., 2011; Тихонович И.А. и др., 2011; Кирпичников Н.А. и др., 2012; Галимзянова Н.Ф. и др., 2018; Анохина Г.О., и др., 2018; Кирюшин В.М., 2000; Никитин С.Н., 2017).

В РФ в настоящее время зарегистрировано и допущено к использованию около 100 наименований регуляторов роста и штаммов микробных препаратов (Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов..., 2019). В последние годы ежегодно пополняется список используемых в сельском хозяйстве биопрепаратов. В связи с этим, выявление значения новых микробных штаммов в повышении продуктивности ярового ячменя и улучшении условий произрастания в условиях ЦЧР относится к весьма важным актуальным направлениям в современной агрономической науке.

**Цель исследований** – изучить влияние биопрепаратов на основе ассоциативных штаммов на стабилизацию плодородия чернозема обыкновенного и продуктивность ярового ячменя.

**Задачи исследований:**

- изучить изменение показателей эффективного плодородия чернозема обыкновенного под влиянием биопрепаратов;
- установить влияние бактериальных штаммов на микробиологическую и ферментативную активность чернозема обыкновенного;
- выявить изменение накопления хлорофилла в листовой поверхности растений ярового ячменя;
- изучить особенности формирования вегетативной массы растений;
- установить динамику накопления элементов минерального питания растениями ярового ячменя в течение вегетации;
- выявить перспективные штаммы ассоциативных бактерий в посевах ярового ячменя в условиях Центрального Черноземья;
- обосновать взаимосвязь показателей развития растений и плодородия чернозема обыкновенного.

**Предмет исследований** – ассоциативные штаммы, ячмень яровой, чернозем обыкновенный.

**Объект исследований** – плодородие чернозема обыкновенного, микробиологическая активность почвы, ферментативная активность почвы, урожайность и качество зерна ячменя.

**Научная новизна.** В условиях ЦЧР установлено положительное влияние микробных штаммов на основе ассоциативных микроорганизмов на показатели эффективного плодородия почв, биологическую и ферментативную активность почвы.

Выявлены особенности динамики накопления минеральных элементов в вегетативной массе растений ячменя под влиянием ассоциативных штаммов, при этом установлено увеличение их содержания. Выявлена тесная корреляционная зависимость каталазной и инвертазной активности с обеспеченностью растений нитратным азотом.

Установлено положительное влияние бактерий на ростовые процессы. Выявлена корреляционная зависимость биометрических показателей роста от обеспеченности элементами минерального питания.

Установлена положительная роль ассоциативных бактерий в активизации процессов накопления хлорофилла и изменения его качественного состава в растениях ярового ячменя. Установлена корреляционная взаимосвязь обеспеченности растений хлорофиллом со структурой микробного ценоза. Экспериментально установлено, что влияние ассоциативных штаммов обусловило варьирование урожайности ярового ячменя на 22-56%, минеральных удобрений – на 11-18%.

Полученные данные расширяют и углубляют знания об изменении плодородия чернозема обыкновенного под влиянием микробных штаммов и продуктивности ячменя в условиях ограниченных ресурсных возможностей.

**Практическая значимость.** Проведенные исследования по предпосевной инокуляции семян ярового ячменя биопрепаратами на основе ассоциативных штаммов служат существенным фактором стабилизации почвенного плодородия и повышения урожайности в ЦЧР. Внедрение микробных штаммов в сельскохозяйственное производство расширяет набор технологических приемов, направленных на биологизацию растениеводства. Применение микробных препаратов способствует повышению урожайности зерна ярового ячменя на 0,42 т/га, их бинарных смесей – на 0,52 т/га, условно чистый доход при этом составляет 18679 руб/га при рентабельности 178%. Установлены условия применения биопрепаратов на основе ассоциативных штаммов, позволяющие скорректировать дозы применяемых минеральных удобрений под ячмень на черноземных почвах. Результаты исследований рекомендуется использовать при разработке технологии возделывания ярового ячменя с целью стабилизации уровня урожайности и плодородия почвы.

**Основные защищаемые положения:**

1. Биопрепараты на основе ассоциативных штаммов усиливают микробиологическую, ферментативную активность чернозема обыкновенного и стабилизируют показатели его эффективного плодородия.
2. Закономерности изменения и формирования вегетативной массы, содержания хлорофиллов и биогенных элементов в надземной части растений ячменя.
3. Предпосевная обработка семян ярового ячменя биопрепаратами на основе ассоциативных штаммов способствует росту продуктивности, сбору белка и биоэнергетической эффективности возделывания ярового ячменя.

**Достоверность полученных результатов.** При написании диссертации использованы результаты четырехлетних полевых исследований. Отбор растительных и почвенных проб, их анализ проведен в соответствии с действующими методиками и ГОСТами. При обработке полученных данных широко использованы статистические приемы оценки достоверности полученного экспериментального материала.

**Апробация** результатов исследований проведена на Всероссийских и Международных конференциях: Майкоп, 2015, 2018, 2019; ПНИИАЗ, с. Соленое Займище, 2016; 2017, 2018; Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2017; Каменная Степь, 2017; Удмуртский ФИЦ УрО РАН, Ижевск 2018 г.; Ижевская ГСХА, 2018; Махачкала, 2018; Волгоград, 2019.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 19 печатных работ с общим объемом 5,93 условных печатных листа. В изданиях, входящих в рекомендованный список ВАК Минобрнауки РФ 5 статей.

**Личный вклад.** Автор принимал участие в формулировке темы НИР, разработке схемы опытов, программы, методики исследований, закладке и проведении полевых опытов. Им были отобраны и проанализированы почвенные и растительные образцы. В результате анализа обширного

экспериментального материала подготовлена диссертация, опубликованы статьи и даны предложения производству.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения (общей характеристики работы), 6 глав, выводов, рекомендаций производству, библиографического списка, приложений.

Работа изложена на 167 страницах печатного текста, иллюстрирована 19 таблицами и 17 рисунками, 7 приложений. Список использованной литературы включает 237 наименования, из которых 35 источников на иностранных языках.

Автор выражает признательность научному руководителю академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук Турусову В.И.; считает своим приятным долгом выразить благодарность научным сотрудникам отдела агропочвоведения Рябцеву А.Н., Рыбаковой Н.П., Шеншиной Н.А., Гармашовой Л.В. за помощь на разных этапах выполнения работы.

### **Содержание работы**

**Первая глава** диссертации посвящена анализу литературных источников. Отражена роль микробных препаратов и минеральных удобрений в повышении урожайности ярового ячменя и плодородия почв.

### **Глава 2 Объекты, схема и методика исследований**

Исследования проведены на базе отдела агропочвоведения и агролесомелиорации ФГБНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева в полевом опыте в 2015-2018 гг. Опыт заложен в 2011 году методом организованных блоков с рандомизацией внутри блока.

Культура – ячмень яровой. Сорт – Таловский 9. Предшественник озимые. Агротехника возделывания была общепринятой для условий области. Химические средства для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями не применялись.

Опыт двухфакторный. Повторность в пространстве шестикратная. Посевная площадь опытной делянки второго порядка 7,0 м<sup>2</sup>, учетная – 5,0 м<sup>2</sup>. Факторами первого порядка служили уровни удобрённости – естественный фон удобрённости и применение азотных удобрёний под предпосевную культивацию в дозе N<sub>30</sub>. Использована аммиачная селитра.

Факторы второго порядка – штаммы микробных препаратов, используемые для предпосевной инокуляции семян: контроль – необработанные семена: штамм 7 (мизорин, диазотроф); штамм 8 (азоризин, диазотроф); штамм 17-1; штамм 18-5; штамм 30 (флавобактерин); штамм ПГ-5 (диазотроф); штамм 204 (ризоагрин, диазотроф); штамм 2П-7.

Штаммы получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Семена обрабатывались в день посева. Обработка посевов в фазу кущения проводилась в безветренную погоду в вечернее время после 19-00 часов.

Уборку урожая проводили комбайном Сампо-130 сплошным поделяночным способом.

Математическую обработку результатов исследований данных проводили с использованием компьютерных прикладных программ по Б.А. Доспехову (2011).

При расчете экономической и биоэнергетической эффективности руководствовались практическими рекомендациями (Володин В.М. и др., 1999).

Для выполнения задач исследований определялись показатели плодородия почв и состояния растений по следующим методикам: фенологию и подсчет густоты стояния растений проводили с использованием Методики государственного сортоиспытания с-х культур (1971); микробиологическую активность (структура микробного сообщества) – по Теппер Е.З.; количество аммонификаторов определяли на мясопептонном агаре (МПА); бактерии, использующие минеральные формы азота, и актиномицеты – на крахмал-аммиачном агаре (КАА); клетчатковые микроорганизмы – на среде Виноградского; азотобактер – на почвенных пластинах; нитрифицирующие бактерии – на выщелоченном агаре; минерализаторы гумуса – на нитратном агаре (Теппер, Е.З., 2004); ферментативная активность почвы – по Галстяну А.Ш.; активность каталазы определяли по методу Джонсона и Темпле, активность инвертазы – по методу В.Ф. Купревича. Активность уреазы определяли по методу А.Ш. Галстяна в модификации Ф.Х. Хазиева на фотоэлектроколориметре КФК-2-УХЛ4.2. Активность фосфатазы – по методу Ф.Х. Хазиева на ФЭК КФК-2-УХЛ4.2 (Хазиев Ф.Х., 2005); содержание хлорофиллов определялось в верхних листьях методом экстракции 96% этанолом на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ (ЭКРОС) (Третьяков Н.Н., 1982); биометрический анализ растительных образцов (Посыпанов Г.С., 1991); мокрое озоление растительного материала по К. Гинзбург (1960) и определение азота, фосфора, калия из одной навески (Минеев В.Г., 2001); содержание подвижных элементов минерального питания в почве:  $N-NO_3$  – дисульфифеноловым методом;  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – по В.Ф. Чирикову из одной вытяжки (ГОСТ 26204-91) (Аринушкина Е.В., 1970).

### **Глава 3. Развитие растений ярового ячменя под влиянием штаммов ризобактерий**

Исследованиями установлена положительная роль микробных штаммов в динамике накопления элементов питания растениями ячменя. В фазу трубкования отмечается довольно четкая закономерность повышения концентрации азота под влиянием инокулянтов. При содержании азота на контроле (без инокуляции) на уровне 2,97% в вариантах с ризобактериями увеличивалось до 3,08-3,33% (табл. 1). Максимальные значения характерны при использовании штаммов 18-5 и ПГ-5 – 3,33 и 3,30% соответственно. По

штаммам 7; 17-1 и 30 концентрация азота отмечена на уровне 3,08-3,17%. Исключением в этом отношении является штамм 8 с близким значением к контролю.

Использование азотного удобрения в чистом виде не оказало влияния на содержание азота в этот период развития ячменя. Сочетание ризобактерий с минеральным удобрением стимулировало увеличение концентрации азота в растениях, но абсолютные значения были ниже естественного фона удобренности. Вегетативная масса растения ярового ячменя содержала в фазу трубкования 2,98-3,24%. В среднем в варианте без удобрений концентрация азота в вегетативной массе ячменя была на уровне 3,13%, на фоне азотного удобрения – 3,08.

**Таблица 1** – Содержание биогенных элементов в растениях ярового ячменя в фазу трубкования, 2015-2017 гг. (%)

Фон удобренности	1*	2	3	4	5	6	7	среднее
<b>Азот</b>								
без удобрений	2,97	3,16	2,92	3,17	3,33	3,08	3,30	<b>3,13</b>
N <sub>30</sub>	2,97	2,98	3,24	3,14	3,11	3,16	2,99	<b>3,08</b>
<b>Фосфор</b>								
без удобрений	0,317	0,323	0,309	0,322	0,361	0,346	0,356	<b>0,333</b>
N <sub>30</sub>	0,364	0,347	0,368	0,356	0,349	0,372	0,350	<b>0,358</b>
<b>Калий</b>								
без удобрений	3,87	3,96	3,87	3,85	3,91	4,02	3,91	<b>3,91</b>
N <sub>30</sub>	4,08	4,08	4,24	4,02	4,23	4,26	4,02	<b>4,13</b>

\*1 – контроль; 2 – штамм 7; 3 – штамм 8; 4 – штамм 17-1; 5 – штамм 18-5; 6 – штамм 30; 7 – штамм ПГ-5.

Отмечено увеличение концентрации фосфора в надземной массе под воздействием инокулянтов в фазу трубкования. В варианте без применения удобрений ризобактерии повышали содержание фосфора с 0,317% до 0,322-0,361% или на 1,7-13,9% в относительном выражении.

Применение под предпосевную культивацию азота в дозе 30 кг/га д.в. оказало стимулирующее влияние на увеличение содержания фосфора в растениях – с 0,317 до 0,364%. Комплексное же использование ризобактерий с азотным удобрением не способствовало дальнейшему повышению концентрации азота. И в большинстве случаев она была на одном уровне близком к контролю. В контрольном варианте азотного фона (без инокуляции) содержание фосфора было на уровне 0,364%. При комплексном использовании с ассоциативными штаммами оно варьировало в интервале от 0,349 до 0,372%. И в среднем по вариантам с удобрением содержание фосфора было на уровне 0,358%, на естественном фоне несколько ниже – 0,333%.



### 3.1 Влияние микробных штаммов на биометрические показатели растений ячменя

Анализ полученных экспериментальных данных указывает на изменение биометрических показателей растений под влиянием микробных штаммов. Причем более заметные изменения характерны для второго периода вегетации – фазы колошения. К началу фазы колошения, также как и в предыдущий этап развития, отмечена положительная роль ассоциативных микробных штаммов в повышении вегетативной массы и высоты растений ярового ячменя. В варианте без использования азотных удобрений линейный рост увеличивался с  $58,9 \pm 1,48$  см до  $60,4 \pm 1,19$ - $62,0 \pm 1,10$  см (табл. 2). По большинству штаммов активизация ростовых процессов способствовала повышению высоты растений на 1,5-3,1 см.

**Таблица 2** – Биометрические показатели растений ярового ячменя в фазу колошение, 2015-2018 гг.

Варианты	Высота растений, см			Масса 1 растения, г		
	б/у	N <sub>30</sub>	среднее	б/у	N <sub>30</sub>	среднее
контроль	$58,9 \pm 1,48$	$59,5 \pm 1,37$	<b>59,2</b>	$4,27 \pm 0,33$	$4,92 \pm 0,33$	<b>4,60</b>
штамм 7	$62,0 \pm 1,10$	$62,2 \pm 1,37$	<b>62,1</b>	$5,46 \pm 0,37$	$5,04 \pm 0,37$	<b>5,26</b>
штамм 8	$61,8 \pm 1,22$	$65,6 \pm 1,22$	<b>63,7</b>	$5,03 \pm 0,34$	$5,87 \pm 0,34$	<b>5,45</b>
штамм 17-1	$58,2 \pm 1,28$	$62,4 \pm 1,14$	<b>60,3</b>	$4,32 \pm 0,29$	$4,90 \pm 0,29$	<b>4,61</b>
штамм 18-5	$60,4 \pm 1,19$	$62,9 \pm 1,17$	<b>61,7</b>	$5,07 \pm 0,41$	$5,24 \pm 0,41$	<b>5,16</b>
штамм 30	$61,8 \pm 1,26$	$66,1 \pm 4,04$	<b>64,0</b>	$4,97 \pm 0,32$	$5,61 \pm 0,32$	<b>5,29</b>
штамм ПГ-5	$58,3 \pm 1,32$	$64,4 \pm 1,31$	<b>61,4</b>	$4,39 \pm 0,31$	$5,24 \pm 0,31$	<b>4,82</b>
<b>среднее</b>	<b>60,2</b>	<b>63,3</b>		<b>4,79</b>	<b>5,26</b>	

НСР<sub>05</sub> главных эффектов фактор А 8,64 1,78  
 фактор В 1,78 0,86

Предпосевное внесение минерального азота, как в чистом виде, так и в сочетании с ассоциативными штаммами способствовала активизации ростовых процессов и увеличению высоты растений в фазу колошения. Минеральный азот увеличивал этот показатель в чистом виде на 0,6 см (с  $58,9 \pm 1,48$  до  $59,5 \pm 1,37$  см). Штаммы микробных препаратов на фоне удобрения в свою очередь повышали линейные размеры растений до  $62,2 \pm 1,37$ - $66,1 \pm 4,04$  см. Максимальное увеличение в 6,6 см ( $66,1 \pm 4,04$  см) характерно при инокуляции штаммом 30 (*Flavobacterium* sp.). Близкие значение отмечено в варианте с предпосевным использованием штамма 7 (*Arthrobacter mysores*) – 6,1 см ( $65,6 \pm 1,22$ ) см.

Увеличение линейных размеров оказало положительное влияние и на изменение вегетативной массы растений ярового ячменя. На естественном фоне без использования минеральных удобрений масса 1 растения в вариантах с ризобактериями варьировала в пределах от  $4,32 \pm 0,29$  до  $5,07 \pm 0,41$  г/раст. (контроль –  $4,27 \pm 0,33$  г).

Дополнительное внесение азотных удобрений способствовало увеличению массы растений на 0,65 г (с  $4,27 \pm 0,33$  до  $4,92 \pm 0,33$  г). Комплексное использование ассоциативных штаммов бактерий с азотным удобрением повышало массу растений на 0,63-1,6 г/раст. – или на 14,8-37,5%. Наибольшее увеличение массы растений отмечено при инокуляции штаммом 8 на основе *Azospirillum* –  $5,87 \pm 0,34$  г/раст. (контроль –  $4,92 \pm 0,33$  г/раст.). Несколько уступала в этом плане предпосевная обработка семян штаммами 18-5, 30 и ПГ-5.

Оценка главных эффектов в фазу колошения установила увеличение высоты растений под влиянием азотных удобрений на 3,1 см – с 60,2 до 63,3 см. Использование микробных штаммов увеличивало линейный размер независимо от фона удобренности на 4,8-1,1 см. При этом масса 1 растений под влиянием минеральных удобрений увеличивалась в среднем на 0,47 г – с 4,79 до 5,26 г/раст. Ассоциативные азотфиксаторы приводили в среднем независимо от фона удобренности к увеличению массы растений с 4,60 до 4,61-5,45 г/раст.

### **3.2 Динамика накопления хлорофиллов под влиянием штаммов ризобактерий**

Предпосевная инокуляция способствовала как общему увеличению хлорофилла, так и изменению его качественного состава. Проводимое нами определение его содержания под воздействием микробных препаратов показало, что в большинстве случаев отмечено достоверное увеличение количества хлорофиллов в листьях растений ячменя. Комплексное использование ризобактерий в сочетании с азотными удобрениями не оказало заметного влияния на величину зеленых пигментов в растениях.

Общее содержание хлорофиллов в варианте без внесения минеральных удобрений в фазу колошения составило 7,63 мг/г а.с.в. (контроль без инокуляции). Большинство штаммов растения ячменя проявили положительное влияние на повышение активности фотосинтеза. Превышение контроля варьировало в интервале от 5,8 до 10,9% (табл. 3).

Максимальные значения отмечены при инокуляции штаммами 17-1 *Pseudomonassp.* и 30 флавобактерий *Flavobacteriumsp.* – 8,46 и 8,42 мг/г а.с.в. (контроль – 7,63 мг/г). У остальных штаммов повышение содержания хлорофиллов было выражено в несколько меньших размерах, но все же, находится в математически достоверных границах.

**Таблица 3** – Содержание хлорофилла в листьях растений ярового ячменя в фазу колошение, 2015-2018 гг.

Фон удобренности	Вариант опыта	хлорофилл мг/г а.с.в			a:b
		A	B	a+b	
Без удобрений	контроль	6,13	1,50	7,63	4,09
	штамм 7	6,61	1,63	8,24	4,05
	штамм 8	6,59	1,76	8,35	3,74
	штамм 17-1	6,54	1,92	8,46	3,41
	штамм 18-5	6,38	1,69	8,07	3,79
	штамм 30	6,80	1,62	8,42	4,20
	штамм ПГ-5	6,10	1,70	7,80	3,60
<b>среднее</b>		<b>6,45</b>	<b>1,69</b>	<b>8,14</b>	<b>3,84</b>
N <sub>30</sub>	контроль	6,42	1,67	8,09	3,84
	штамм 7	6,15	1,72	7,87	3,56
	штамм 8	6,25	1,71	7,96	3,66
	штамм 17-1	6,45	1,65	8,10	3,92
	штамм 18-5	6,34	1,61	7,95	3,94
	штамм 30	7,18	1,72	8,90	4,17
	штамм ПГ-5	6,45	1,63	8,08	3,96
<b>среднее</b>		<b>6,46</b>	<b>1,67</b>	<b>8,14</b>	<b>3,86</b>

НСР<sub>05</sub> мг/г фактор А            0,22            0,18  
 фактор В                            0,61            0,26

В отличие от неудобреного фона, дополнительное использование ассоциативных препаратов на фоне минерального азота не оказало существенного влияния на этот важнейший физиологический процесс. У большинства штаммов варьирование содержания хлорофиллов было близко к контрольному варианту.

#### **Глава 4. Показатели плодородия чернозема обыкновенного**

Наблюдения за динамикой элементов питания в почве в течение вегетационного периода (от возобновления вегетации до созревания) выявили заметные изменения содержания нитратного азота под влиянием инокулянтов. Причем эти изменения носили явно однонаправленное действие. Применение инокулянтов улучшало условия корневого питания, способствовало улучшению транспорта минеральных элементов из почвенного раствора к корневой системе культурных растений. И особенно заметны эти различия в генеративную фазу развития растений ярового ячменя. Отмечается снижение содержания нитратного азота в почве. Эта особенность обусловлена, по нашему мнению, большим потреблением минеральных элементов, связанным с формированием более мощной вегетативной массы.

Предпосевная обработка семян ячменя, оказывая заметное влияние на ростовые процессы, вызывала изменения в обеспеченности растений биогенными элементами. В результате применения препаратов на основе

ассоциативных ризобактерий уже в начальные этапы органогенеза в почве снижается количество азотной пищи растений. Причем данная закономерность характерна, прежде всего, для естественного фона без применения минеральных удобрений. На фоне с внесением минерального азота в дозе 30 кг/га д.в. отмечается тенденция повышения его содержания. В период «всходы – кущение» на естественном фоне содержание нитратного азота в среднем за годы проведения исследований варьировало в интервале от 6,2 до 7,8 мг/кг почвы (табл. 4). В контрольном варианте (необработанные семена) содержание нитратного азота составило 7,1 мг/кг. Предпосевная инокуляция семян микробными препаратами в большинстве случаев вызывала снижение обеспеченности растений доступным азотом по всем штаммам.

**Таблица 4** – Содержание элементов питания под посевами ячменя в слое почвы 0 – 30 см в фазу трубкования мг/кг (2015-2018 гг.)

Фон удобренности	Варианты опыта	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без удобрений	контроль	7,1	131	106
	штамм 7	7,8	154	126
	штамм 8	6,2	146	100
	штамм 17–1	6,5	153	112
	штамм 18–5	6,7	164	125
	штамм 30	6,7	155	115
	штамм ПГ–5	6,5	154	132
<i>Среднее</i>		6,8	151	117
N <sub>30</sub>	Контроль	9,7	171	118
	штамм 7	9,1	166	129
	штамм 8	10,9	162	118
	штамм 17–1	9,2	160	123
	штамм 18–5	14,4	171	119
	штамм 30	12,0	159	122
	штамм ПГ–5	12,0	173	119
<i>Среднее</i>		11,0	166	121
НСР <sub>05</sub> , мг/кг		0,65	0,59	0,74

Предпосевное внесение аммиачной селитры в дозе 30кг/га д.в. способствовало повышению обеспеченности почвы азотом под посевами ярового ячменя. Минеральные удобрения в среднем за годы исследований в фазу всходов повышали содержание N-NO<sub>3</sub> с 7,1 до 9,7 мг/кг.

К середине вегетационного периода ячменя (фаза трубкования – колошение) в связи с активным ростом и более высоким потреблением биогенных элементов отмечается закономерное снижение нитратного азота в почве. Но при этом сохраняется установленная для начала вегетации закономерность, выраженная в тенденции уменьшения обеспеченности растений азотом, как под влиянием биопрепаратов, так и при комбинации минеральных удобрений и инокулянтов.

#### 4.1 Микробиологическая активность чернозема

Использование штаммов бактерий изменяло структуру микробного ценоза. У большинства изученных штаммов на естественном фоне минерального питания в среднем за годы исследований отмечено увеличение численности аммонификаторов от 5,4 до 41,0% (табл. 5). Наиболее высокие значения установлены при применении штамма 17-1 на основе бактерий *Pseudomonas* sp. – 10,59 млн КОЕ/1 г почвы (контроль необработанные семена – 7,51 млн КОЕ).

Заметное увеличение численности аммонификаторов прослеживается при дополнительном использовании минерального азота для улучшения корневого питания растений. Рост их численности в среднем по удобренному фону составил 0,57 млн. КОЕ.

**Таблица 5 – Микробиологическая активность почвы под посевами ярового ячменя, 2015-2017 гг.**

Фон удоб.	Вариант	Млн КОЕ/1 г почвы	Млн КОЕ/1 г почвы				Тыс. КОЕ/1 г почвы			КОЕ в 50 г почвы
			МПА	КАА	Актином.	Минер. гумуса	Грибы	Клетчат.	Нитриф.	
Б/у	контроль	34,23	7,51	16,45	2,87	7,4	25,14	54,57	0,41	297,3
	шт. 7	36,25	7,42	16,5	3,01	9,32	30,81	62,89	0,39	243,7
	шт. 8	38,19	8,38	16,3	2,98	10,53	33,67	58,96	0,42	264
	шт. 17-1	46,59	10,59	20,7	3,25	12,05	32,32	61,45	0,47	244,3
	шт. 18-5	38,86	7,92	17,65	2,75	10,54	42,89	64,12	0,46	223,7
	шт. 30	33,41	6,34	14,59	2,23	10,25	37,31	63,89	0,39	235
<b>сред.</b>		37,93	<b>8,03</b>	<b>17,03</b>	<b>2,85</b>	<b>10,02</b>	<b>33,69</b>	<b>60,98</b>	<b>0,42</b>	<b>251,3</b>
N <sub>30</sub>	контроль	37,6	7,86	17,88	2,67	9,19	30,85	60,66	0,44	267,3
	шт. 7	42,42	9,03	19,36	2,77	11,26	39,98	66,88	0,45	251,3
	шт. 8	40,18	9,1	16,4	2,78	11,9	41,28	73,46	0,45	233,3
	шт. 17-1	44,42	8,78	19,76	2,83	13,05	34,59	64,77	0,42	202,3
	шт. 18-5	43,5	9,36	18,12	2,88	13,14	34,89	71,8	0,52	257
	шт. 30	42,41	7,47	18,02	2,68	14,24	36,49	78,95	0,45	265
<b>сред.</b>		41,76	<b>8,6</b>	<b>18,26</b>	<b>2,77</b>	<b>12,13</b>	<b>36,35</b>	<b>69,42</b>	<b>0,46</b>	<b>246</b>
	НСР <sub>05</sub> фактор А		0,37	0,51	0,22	0,63	0,97	1,47	0,08	16,3
	фактор В		0,21	0,37	0,14	0,57	0,63	1,22	0,06	6,3

Ассоциативные микроорганизмы снижают риски негативного влияния минеральных удобрений на процессы накопления органического вещества в черноземах и усиливают процессы гумусонакопления. О чем свидетельствует изменение коэффициента трансформации Пм.

По нашим данным, в среднем за годы проведения исследований, более заметное увеличение численности нитрифицирующих бактерий под влиянием инокулянтов характерно для естественного неудобренного фона – с 0,41 тыс. КОЕ до 0,47 тыс. КОЕ на 1 г а.с.п. или 14,6%. При этом улучшились условия корневого питания и доступность почвенного азота культурным растениям. Применение азотных удобрений в меньшей степени увеличивало численность нитрификаторов на 7,3%.

Комплексное использование почвенных ризобактерий с минеральным удобрением вызвало незначительное увеличение активизации жизнедеятельности нитрификаторов.

Анализ результатов наших исследований указывает на увеличение численности бактерий-целлюлозолитиков. Более высокое общее фоновое количество характерно для удобренного варианта. В среднем за годы исследований при внесении минерального азота количество колониобразующих единиц отмечено на уровне 69,42 тыс./г почвы (табл. 4). В вариантах естественного фона удобренности численность клетчатковых составила 60,98 тыс. КОЕ, что на 13,8% выше. Инокуляция семян штаммами ризобактерий оказывала положительное влияние на активность этой группы микроорганизмов независимо от фона удобренности. В варианте без использования минеральных удобрений увеличение численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов варьировало в пределах от 4,39 до 9,55 тыс. КОЕ или на 8,0-17,5%. Наиболее высокие показатели отмечены при использовании штаммов 30 *Flavobacterium* sp. и 18-5 *Pseudomonas* sp. Комплексное использование штаммов микроорганизмов в сочетании с минеральным азотом способствовало дальнейшему росту активности целлюлозолитиков.

Штаммы ассоциативных микроорганизмов оказали положительное влияние на активность актиномицетов и наиболее существенно на естественном неудобренном фоне (за исключением штаммов 30 и 18-5). Рост численности составил до 13,2%. На удобренном фоне численность данной группы микроорганизмов оставалась практически без изменений и уступала неудобренному фону в этом отношении.

Учет количества микромицетов позволяет утверждать о его существенном росте под влиянием почвенных микробных препаратов. Наиболее заметный рост численности характерен для естественного фона питания. По отношению к контролю увеличение активности варьировало в пределах от 22,6 до 70,6%. При внесении минерального азота соответственно от 12,1 до 33,8%.

## **Глава 5 Продуктивность ярового ячменя и качество зерна**

Интегральным показателем всех технологических мероприятий является урожайность возделываемой культуры. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о положительном влиянии ассоциативных микроорганизмов на продуктивность ярового ячменя. Но основная особенность заключается в том, что положительный эффект в среднем за годы проведения исследований отмечен на естественном фоне без использования минеральных удобрений. При уровне урожайности у контроля 2,28 т/га ризобактерии повышали сбор зерна до 2,59-2,80 т/га (табл. 6).

Максимальную урожайность обеспечивали варианты с бинарным применением штаммов – 7; 30 и 204 совместно со штаммом 8.

**Таблица 6** – Урожайность ячменя, т/га, среднее за 2015–2018 гг.

Бактериальный препарат (фактор В)	Фон минерального питания (фактор А)		среднее
	Без удобрений	N <sub>30</sub>	
контроль	2,28	2,54	<b>2,41</b>
штамм 7	2,69	2,60	<b>2,65</b>
штамм 8	2,62	2,18	<b>2,40</b>
штамм 17–1	2,61	2,45	<b>2,53</b>
штамм 18–5	2,65	2,63	<b>2,64</b>
штамм 30	2,59	2,65	<b>2,62</b>
штамм ПГ–5	2,61	2,46	<b>2,53</b>
штамм 204	2,70	2,67	<b>2,69</b>
штамм 2П–7	2,68	2,63	<b>2,66</b>
штаммы 7 + 8	2,73	2,75	<b>2,74</b>
штаммы 30 + 8	2,80	2,65	<b>2,73</b>
штаммы 204 + 8	2,68	2,71	<b>2,69</b>
<b>среднее</b>	<b>2,64</b>	<b>2,58</b>	

Частные различия

Делянки 1-го порядка

НСР<sub>05</sub> = 0,15–0,35–0,39–0,20 т/га

Делянки 2-го порядка (фактор В и взаимодействие АВ)

НСР<sub>05</sub> = 0,20–0,17–0,16–0,08 т/га

Оценка существенности главного эффекта

Для главного эффекта фактора А

НСР<sub>05</sub> = 0,04–0,09–0,16–0,06 т/га

Для главного эффекта фактора В и взаимодействия АВ

НСР<sub>05</sub> = 0,14–0,12–0,12–0,06 т/га

Доля участия в общей изменчивости признака

Повторений 1,5–1,7–2,6–0,1%

Фактора А 11,4–18,1–13,7–0,1% Фактора В 21,9–55,7–47,3–54,4%

Взаимодействие АВ 32,1–8,9–20,9–38,7%

Ошибок 33,2–17,2–15,5–6,8%

Предпосевное внесение минерального азота в чистом виде повышало урожайность на 0,26 т/га – с 2,28 до 2,54 т/га. Комплексное использование микробных штаммов на фоне предпосевного внесения азотных удобрений не способствовало дальнейшему росту продуктивности растений ярового ячменя. Урожайность практически у всех вариантов уступала вариантам без

использования минерального азота. При уровне урожайности контроля 2,54 т/га у вариантов с инокуляцией она варьировала на уровне 2,18–2,75 т/га. В то время как на естественном фоне удобренности она была существенно выше – 2,59-2,80 т/га. Таким образом, можно констатировать существенный рост урожайности под влиянием ризобактерий, не уступающий по своему эффекту минеральному азоту. Стимулирование способности зерновых злаковых культур к использованию биологического азота взамен химически синтезированных его форм может стать серьезным фактором роста зерновой продуктивности ячменя.

Оценка влияния главных эффектов показала, что вклад минеральных удобрений был намного ниже доли ассоциативных препаратов. Его доля варьировала по годам от 1,0 до 18,1%. Вклад диазотрофных ризобактерий был существенно выше – от 21,9 до 55,7%. Причем вклад микробных штаммов увеличивался в условиях повышенных температур во второй половине вегетации.

Ячмень относится к одной из основных кормовых культур. Зерно находит широкое применения при производстве концентрированных кормов и откорме животных. В связи с этим, оценка изменения содержания белка в зерне ячменя имеет важное значение. Проведенный нами анализ выхода белка с единицы площади позволяет констатировать положительную роль ризобактерий. Причем данная закономерность отмечается, только на естественном фоне удобренности. В контрольном варианте (без инокуляции) выход белка с единицы площади равнялся 288,4 кг/га. Предпосевная обработка семян ярового ячменя ассоциативными ризобактериями способствовала заметному увеличению этого показателя. Сбор белка повышался на 37,1-68,3 кг/га или на 12,9-23,7%. Максимальные показатели отмечены при инокуляции штаммами 18-5; 7 и 8. Сбор белка у этих вариантов составил соответственно 356,7; 356,2 и 341,3 кг/га. По остальным штаммам (17-1; 30 и ПГ-5) варьировал в близком интервале – 325,5-331,5 кг/га.

## **Глава 6 Экономическая и биоэнергетическая оценка штаммов**

Применение минеральных удобрений приводит к существенному росту затрат энергии при возделывании ярового ячменя. На фоне внесения азотных удобрений в дозе 30 кг д.в. на гектар затраты энергии увеличились в 1,9 раза или на 6090 МДж/га.

Варьирование содержания энергии в продукции при использовании штаммов микробных препаратов составило от 40392 на контроле до 49604 МДж/га при инокуляции. Наибольшие значения характерны в вариантах с применением ассоциативных штаммов без использования минерального азота.

Производство зерна ярового ячменя с энергетической точки зрения было эффективным у всех вариантов независимо от уровня минерального питания. Коэффициент энергетической эффективности изменялся в пределах 3,0-3,8 на фоне минерального азотного удобрения и от 5,8 до 7,4 на



естественном фоне. Более высокие показатели энергетической эффективности на естественном фоне превышают показатели энергетической эффективности на фоне N<sub>30</sub>. Это можно объяснить, с одной стороны, более высокими затратами энергии при производстве и внесении в почву азотных удобрений. С другой, более высоким выходом энергии с продукцией ярового ячменя на естественном фоне удобренности. Максимальное значение коэффициента энергетической эффективности отмечено на естественном фоне минерального питания при использовании штаммов 30 в сочетании с штаммом 8 – 7,4 ед. (контроль 6,0). По остальным штаммам увеличение энергетической эффективности по отношению к контролю составило от 0,9 до 1,1 ед.

Максимальную величину условно чистого дохода обеспечивало применение комплекса штаммов 7, 30 и 204 в сочетании со штаммом 8 на естественном фоне минерального питания. Он изменялся в пределах 17428 – 18679 руб/га. Превышение по отношению к контролю составило 3818-5069 руб/га. Рентабельность равнялась 166-178% (контроль 134%). Также существенное увеличение условно чистого дохода относительно контроля отмечено в вариантах со шт. 7; 18-5 и 204 и равна 3923; 3506 и 4027 руб/га соответственно. Рентабельность по данным вариантам равна 167; 163 и 168 %.

На фоне N<sub>30</sub> процесс производства ярового ячменя является рентабельным по всем вариантам. Однако рентабельность на данном фоне удобренности ниже рентабельности производства ярового ячменя на неудобренном фоне. Так, максимальный уровень рентабельности отмечен в варианте сочетания применения шт. 7 и 8 (азоризин) и равен 135%, а чистый доход 16458 руб/га. Несколько уступал в этом отношении вариант с использованием штаммов 204 и 8 – соответственно 131% и 16041руб/га.

Наибольший чистый доход, максимальную рентабельность и наивысшую биоэнергетическую эффективность возделывания ярового ячменя обеспечивают биопрепараты ассоциативных ризобактерий на естественном фоне минерального питания. Комплексное использование азотного удобрения и штаммов микробных препаратов не способствовало дальнейшему увеличению чистого дохода и рентабельности производства. Минеральное удобрение в чистом виде повышало экономические показатели производства зерна ячменя, но уступало применяемым штаммам.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании проведенных полевых исследований доказана высокая эффективность штаммов ассоциативных микроорганизмов в посевах ярового ячменя. Инокулянты стимулировали биологические и биохимические процессы чернозема обыкновенного, несмотря на высокое его природное плодородие. Активизация биологической активности чернозема стимулировала процессы роста и развития растений и накопления хлорофилла в листьях. Более широкое применение биопрепаратов в

технологиях возделывания ярового ячменя позволило расширить приемы биологизации и снизить затраты на производство, более полно использовать природно-климатический потенциал зоны.

## ВЫВОДЫ

В результате полевых исследований, проведенных в стационарном опыте на черноземе обыкновенном Центрально-Черноземного региона в течение 2015-2018 гг., можно сделать следующие выводы:

1. Доказана высокая эффективность перспективных штаммов ассоциативных микробных препаратов в условиях Центрального Черноземья, способствующих регулированию почвенного плодородия чернозема обыкновенного и повышению урожайности ярового ячменя. Выявлено положительное влияние предпосевной обработки семян на ростовые процессы и развитие растений ячменя. На фоне использования азотного удобрения эффективность штаммов препаратов была существенно ниже.

2. Установлено, что при предпосевной инокуляции семян ярового ячменя ассоциативными штаммами показатели плодородия чернозема обыкновенного выполняют основные функции, определяющие формирование продуктивности растений. Выявлена функциональная связь урожайности зерна с изучаемыми факторами, указывающая на главенствующую роль ассоциативных штаммов в повышении урожайности зерна. Вклад штаммов бактерий изменялся по годам от 21,9 до 55,7%.

3. Доказано, что применение ассоциативных штаммов приводит к увеличению концентрации биогенных элементов в вегетативной массе во все фазы развития растений. Установлено увеличение содержания азота в фазу трубкования в варианте без удобрения на 3,8-12,1%, в фазу колошения – на 4,0-9,5%,  $P_2O_5$  – на 1,7-13,9% и 4,8-19,1 соответственно. Положительное влияние на повышение содержания азота наиболее отчетливо прослеживается на неудобренном фоне. Установлено, что совместное применение минерального азота и бактериальных препаратов в наибольшей степени оказало воздействие на увеличение накопления  $P_2O_5$  в вегетативной массе ячменя.

4. Выявлено, что улучшение условий минерального питания под влиянием штаммов способствует активизации ростовых процессов и увеличению накопления вегетативной биомассы растений. При этом в фазу трубкования высота растений повышалась на 3,9-13,3%, масса растений – до 24,4%. Установлено, что по степени влияния на долю ассоциативных бактерий приходится 15-20%, на долю минеральных удобрений – 3-5%.

5. Установлена положительная роль предпосевной инокуляции семян как в общем увеличении содержания хлорофилла, так в изменении его качественного состава. Выявлено, что максимальные значения отмечены при инокуляции штаммами 17-1 *Pseudomonas sp.* и 30 флавобактерин *Flavobacterium sp.* – 8,46 и 8,42 мг/г а.с.в. (контроль – 7,63 мг/г). Комплексное

применение азотных удобрений и почвенных ризобактерий не оказало положительного влияния на увеличение количества хлорофилла.

6. Установлено неоднозначное влияние ассоциативных штаммов на динамику обеспеченности растений элементами минерального питания. Выявлено снижение содержания нитратного азота на неудобренном фоне в фазу кущения на 0,4-0,9 мг/кг, на фоне азотного удобрения, наоборот, увеличение с 9,7 до 10,9 14,4 мг/кг. Закономерное снижение содержания доступного азота в почве под влиянием инокулянтов обусловлено более быстрым поглощением корнями ячменя ионов  $N-NO_3$  из прилегающей ризосферной части почвы.

7. Выявлено, что на неудобренном фоне применяемые штаммы инокулянтов проявляли активную фосфатмобилизирующую роль и повышали количество доступного фосфора с 13,1 до 14,6-16,4 мг/100 г. (фаза кущения); комплексное применение азотных удобрений и инокулянтов не оказывало положительного влияния на доступность фосфора растениям.

8. Установлено снижение рисков негативного влияния минеральных удобрений на процессы накопления органического вещества в черноземе обыкновенном и усиление процессов гумусонакопления под влиянием ассоциативных микроорганизмов, оцениваемого по коэффициенту трансформации органического вещества Пм за счет изменения структуры микробного ценоза. Отмечено заметное их влияние на увеличение численности бактерий аммонификаторов (на 41%), актиномицетов (на 13,2%), грибной микрофлоры (на 70,6%), ответственных за первичную деструкцию органических остатков и стабилизацию численности бактерий амилолитиков (КАА), участвующих в иммобилизации легкодоступного углерода. Выявлена положительная роль ассоциативных штаммов в увеличении численности нитрификаторов, принимающих участие в азотном цикле почвы и улучшающих обеспеченность растений азотом.

9. Выявлена положительная роль штаммов ассоциативных препаратов в изменении ферментативной активности чернозема обыкновенного. Выявлено увеличение активности фосфатазы (до 13,7%), что может служить одним из факторов активизации процессов накопления доступного для питания растений фосфора. Доказано увеличение уреазной активности на 15,1-16,0%, что способствует улучшению обеспеченности растений элементами азотной пищи. Установлена тесная корреляционная зависимость каталазной активности с обеспеченностью растений нитратным азотом и содержанием нитратного азота в корнеобитаемом слое почвы в основные фазы развития – кущения  $r = 0,736 \pm 0,011$ , в фазу колошения  $r = 0,644 \pm 0,014$ .

10. Установлена существенная роль штаммов ассоциативных бактерий в повышении зерновой продуктивности ярового ячменя. Доказано, что в условиях Центрального Черноземья на черноземе обыкновенном эффективность ассоциативных штаммов в большей мере проявляется на неудобренном фоне при использовании штаммов 7;8; 18-5 и 204, рост урожайности составил от 0,33 до 0,52 т/га. Максимальную продуктивность обеспечивал вариант бинарного применения штаммов 7; 30, 204 и 8.

Доказано, что комплексное предпосевное внесение минерального азота в дозе  $N_{30}$  в сочетании с инокуляцией семян ризобактериями не способствовали стабильному росту урожайности ярового ячменя. По своей эффективности они были близки ассоциативным микробным препаратам. Доказано увеличение сбора белка с гектара под влиянием микробных штаммов ассоциативных препаратов на 12,9-23,7%.

11. Выявлено, что наибольший чистый доход и наивысшую биоэнергетическую эффективность возделывания ярового ячменя обеспечивали штаммы ассоциативных препаратов на естественном фоне минерального питания – 13610-18679 руб/га и 5,8-7,1 ед. соответственно. Более высокие показатели отмечены при использовании штаммов 7, 30 и 204 в сочетании со штаммом 8.

12. Установлено, что на фоне применения  $N_{30}$  процесс производства ярового ячменя является рентабельным по всем вариантам. Однако рентабельность на данном фоне удобренности ниже рентабельности производства ярового ячменя на неудобренном фоне. Так, максимальный уровень рентабельности отмечен в варианте сочетания применения шт. 7 (мизорин) и 8 (азоризин) и равен 135%, а чистый доход – 16458 руб/га.

### **Предложения производству**

В Центрально-Черноземном регионе на высокоплодородных черноземных почвах для повышения эффективности производства ярового ячменя и экономии агрогенных ресурсов рекомендуется применение исследованных микробных ассоциативных препаратов. При небольшой их стоимости (до 400 руб/га) это позволит отказаться от использования дорогостоящих минеральных удобрений в дозе до 30 кг/га и повысить продуктивность пашни на 0,52 т/га. Для предпосевной инокуляции следует применять штаммы 7; 8; 18-5 и 204 или бинарные смеси штаммов 7; 30, 204 и 8. Особую актуальность применение предпосевной инокуляции имеет при производстве экологически безопасной продукции и в технологиях органического земледелия. Семена следует обрабатывать в день посева из расчета 300г препарата на гектарную норму семян. Расход препарата 1 л на 100 кг семян.

### **Список работ, опубликованных по материалам диссертации.**

#### **Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ**

1. Турусов В.И., Сауткина М.Ю., Чевердин А.Ю., Чевердин Ю.И. *Влияние биопрепаратов ассоциативных diaзотрофов на урожайность зерновых культур в условиях юго-востока Центрального Черноземья* // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – №5. – С. 38-42.

2. **Чевердин А.Ю.** *Эффективность diaзотрофных препаратов на посевах ярового ячменя* // Международный научно-исследовательский

журнал. – 2017. – №12. – ч. 3. – С. 154-158. DOI:  
<https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.108> .

**3.** Турусов В.И., **Чевердин А.Ю.**, Чевердин Ю.И. *Ассоциативные ризобактерии в посевах ярового ячменя в условиях юго-востока Центрального Черноземья* // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – №4. – С. 53-56.

**4.** **Чевердин А.Ю.** *Влияние микробных препаратов на урожайность ярового ячменя в условиях Центрального Черноземья* // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (58). – С. 81-84.

**5.** **Чевердин А.Ю.**, Чевердин Ю.И., Турусов В.И. *Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных бактерий на микробиологическую активность чернозема сегрегационного* // Агрехимия. – 2019. – № 12. – С. 22-32. DOI: 10.1134/S0002188119120032 .

### Публикации в других изданиях

**6.** **Чевердин А.Ю.**, Сауткина М.Ю., Чевердина Г.В., Чевердин Ю.И. *Влияние ассоциативных diaзотрофов на фотосинтетическую активность ячменя в условиях юго-востока ЦЧЗ* // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. II Международная научно-практическая Интернет-конференция / Составление Н.А. Щербакова / ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». с. Соленое Займище. – 2017. – С. 803-806.

**7.** **Чевердин А.Ю.**, Сауткина М.Ю. *Влияние биопрепаратов на обеспеченность агрочерноземов нитратным азотом в посевах ячменя* // Агрэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сбор. докл. межд. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2017. – С.327-329.

**8.** **Чевердин А.Ю.**, Чевердина Г.В. *Влияние биопрепаратов на накопление хлорофилла в растениях ярового ячменя* // Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России: Сборник науч. докл. Всеросс. научно-практ. конф., посвящ. 125-летию организации «Особой экспедиции лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России»: Каменная Степь, 2017. – Воронеж: изд-во «Истоки», 2017. – С. 356-358.

**9.** **Чевердин А.Ю.** *Эффективность ассоциативно-злакового взаимодействия на посевах ярового ячменя в условиях Центрального Черноземья* // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. III Международная научно-практическая Интернет-конференция / Составление Н.А. Щербакова / ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». с. Соленое Займище. – 2018. – С.5 04-506.

**10. Чевердин А.Ю.** *Ассоциативные микробные препараты в посевах ярового ячменя Центрального Черноземья* // Воспроизводство плодородия почв и их рациональное использование: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики, почетного работника высшей школы Российской Федерации профессора Вячеслава Павловича Ковриго, 24-25 мая 2018 г.; ФГБУН Удмуртский ФИЦ УрО РАН. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 133-134.

**11. Чевердин А.Ю., Чевердина Г.В.** *Динамика формирования вегетативной массы ярового ячменя под влиянием ассоциативных микроорганизмов* // Достижения молодых ученых в развитии сельскохозяйственной науки и АПК : материалы VII-ой международной научно-практической конференции молодых ученых / сост. Н.А. Щербакова, А.П. Селиверстова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПНИИАЗ». – Соленое Займище, – 2018. – С. 99-101.

**12. Чевердин А.Ю., Чевердина Г.В.** *Продукционный процесс ярового ячменя в условиях Центрального Черноземья под влиянием diaзотрофных микроорганизмов* // Достижения молодых ученых в развитии сельскохозяйственной науки и АПК: материалы VII-ой международной научно-практической конференции молодых ученых / сост. Н.А. Щербакова, А.П. Селиверстова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПНИИАЗ». – Соленое Займище, – 2018. – С. 280-282.

**13. Чевердин А.Ю., Чевердина Г.В.** *Влияние штаммов ассоциативных микроорганизмов на продукционные процессы растений ярового ячменя* // Современное состояние почвенного покрова, сохранение и воспроизводство плодородия почв: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции 14-15 августа 2018 года. – Махачкала, 2018 – С. 282-286.

**14. Чевердин А.Ю.** *Влияние ризобактерий на обеспеченность чернозема сегрегационного нитратным азотом* // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). 27-28 сентября 2018 года. – Майкоп: ООО «Качество», 2018. – С. 164-167.

**15. Чевердин А.Ю., Чевердина Г.В.** *Изменение накопления биомассы ярового ячменя в течение вегетации под влиянием ризобактерий* // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). 27-28 сентября 2018 года. – Майкоп: ООО «Качество», 2018. – С. 327-328.

**16. Чевердин А.Ю., Чевердина Г.В.** *Влияние diaзотрофов на продукционный процесс ярового ячменя* // Центральный научный вестник.– 2018. – т. 3. – № 20. – С. 37-39.

**17. Чевердин А.Ю.** *Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных бактерий на ферментативную активность чернозема*

*сегрегационного в посевах ярового ячменя // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции / сост. Н.А. Щербакова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Соленое Займище, – 2019. – С. 290-293. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-3-064.*

**18. Чевердин А.Ю.** *Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных бактерий на элементы структуры ярового ячменя // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции /сост. Н.А. Щербакова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Соленое Займище, – 2019. – С. 286-290. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-3-063.*

**19. Чевердин А.Ю.** *Накопление биогенных элементов в растениях ярового ячменя под влиянием биопрепаратов на основе ассоциативных бактерий // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции / сост. Н.А. Щербакова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Соленое Займище, – 2019. – С. 282-285. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-3-062 .*