

*На правах рукописи*

УДК 633.16:631.811

**Игнатьев Александр Владимирович**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ ЯЧМЕНЯ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ  
И КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
В ВЯТСКО-КАМСКОЙ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

**Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

Москва - 2022

Работа выполнена на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» в 2018-2021 гг.

**Научный руководитель:** **Бортник Татьяна Юрьевна**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Варламова Лариса Дмитриевна**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», кафедра  
агрохимии и агроэкологии, профессор

**Акманаева Юлия Александровна**  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Пермский ГАТУ имени Д.Н.  
Прянишникова», кафедра агрохимии, доцент

**Ведущая организация:** Нижегородский НИИСХ – филиал ФГБНУ  
«Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»

Защита диссертации состоится «17» марта 2022 года в 14.00 час. на заседании диссертационного совета Д006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»: 127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на сайте: [https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/1fc/ignatev\\_diss\\_03\\_12\\_2021.pdf](https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/1fc/ignatev_diss_03_12_2021.pdf)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31 а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: [dissovet\\_vniia@mail.ru](mailto:dissovet_vniia@mail.ru)

**Учёный секретарь  
диссертационного совета**

Никитина Любовь Васильевна

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследований.** В связи с резким уменьшением количества применяемых удобрений во всех регионах страны наблюдается существенное снижение содержания в почвах доступных растениям подвижных форм макро- и микроэлементов, и создаётся отрицательный баланс основных макроэлементов в почве. Решением проблемы может стать использование комплексных удобрений, содержащих полный набор основных элементов питания. Оптимизировать питание растений также возможно при использовании биологических удобрений, содержащих активные штаммы микроорганизмов, способных фиксировать атмосферный азот или переводить соединения элементов питания в почве в более доступные формы. В настоящее время приоритетным становится направление экологического земледелия; в этих условиях проявляется необходимость изучения эффективности биологических удобрений, так как при их использовании возможно получение высокой урожайности и качественной экологически безопасной растениеводческой продукции.

**Степень разработанности.** Изучение эффективности комплексных и биологических удобрений проводилось в различных почвенно-климатических условиях [Федотова, Кравченко, 2013]. На дерново-подзолистых почвах в большей степени изучен вопрос использования твёрдых традиционных удобрений, содержащих набор макро- и микроудобрений [Бортник, 2000]. Изучались современные формы жидких комплексных удобрений [Титова и др., 2017]. Получены интересные данные по использованию биопрепаратов при возделывании зерновых культур [Башков, 2011; Лукин, Марчук, 2016; Гаврилова, Завалин, 2017; Алфёров и др., 2019; Завалин и др., 2019; Тимаков и др., 2019; Завалин, 2020; Завалин, Накаряков, 2021]. В условиях Вятско-Камской земледельческой провинции в связи с появлением новых форм комплексных жидких минеральных и биологических удобрений многие вопросы по их эффективному использованию требуют уточнения.

**Цель работы** – оптимизация питания ячменя с помощью биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит и комплексных жидких минеральных удобрений Agree's на дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах Вятско-Камской земледельческой провинции.

### **Задачи исследований включали:**

1. Изучить влияние способов использования биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на урожайность зерна ячменя.
2. Установить действие способов использования биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на показатели качества зерна ячменя и вынос элементов питания.

3. Выявить влияние биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

4. Изучить влияние способов использования комплексных жидких удобрений Agree's на урожайность зерна ячменя.

5. Установить действие способов использования комплексных жидких удобрений Agree's на показатели качества зерна ячменя и вынос элементов питания.

6. Дать экономическую и энергетическую оценку применению биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя.

7. Дать экономическую и энергетическую оценку применению комплексных жидких удобрений Agree's при возделывании ячменя.

**Научная новизна.** Впервые на дерново-подзолистых почвах Вятско-Камской земледельческой провинции при возделывании ячменя изучена эффективность использования биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит, жидких комплексных удобрений Agree's, являющихся новыми для сельскохозяйственного производства.

**Практическая значимость.** На основании результатов исследований, проведённых в условиях производственных полевых опытов по изучению эффективности различных способов использования новых биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит и жидких комплексных удобрений Agree's при возделывании ячменя даны рекомендации производству по применению этих удобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистых почвах Вятско-Камской земледельческой провинции.

Результаты, полученные при проведении исследований по данной теме используются на занятиях по дисциплинам Агрохимия, Почвоведение, Система удобрения и других в учебном процессе на агрономическом факультете ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являются ячмень, дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые почвы, а также биологические удобрения Азотовит и Фосфатовит и жидкие комплексные минеральные удобрения Agree's.

Анализ почвенных и растительных проб, наблюдения за растениями, расчёты выноса элементов питания проведены согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных данных осуществлена с помощью прикладных программ *Microsoft Excel*. Для оценки существенности разницы между вариантами использовали метод дисперсионного анализа [Доспехов, 1987].

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

1. Положительное действие предпосевной обработки семян биологическими удобрениями Азотовит и Фосфатовит на урожайность ячменя, выразившееся в получении существенных прибавок урожайности зерна по отношению к контролю без удобрений 0,43-0,58 т/га; сочетание предпосевной обработки данными удобрениями с опрыскиванием растений в фазу кущения (прибавки 0,49-0,55 т/га). Предпосевная обработка Азотовитом и Фосфатовитом способствовала повышению содержания азота и сырого протеина в зерне; наибольший сбор сырого протеина получен при использовании предпосевной обработки Фосфатовитом и сочетанием Азотовит + Фосфатовит.

2. Положительное влияние некорневых подкормок комплексными жидкими удобрениями Agree's на фоне припосевного внесения  $N_{30}P_{30}K_{30}$  на урожайность ячменя; прибавки урожайности по отношению к контролю без удобрений составили 0,33-0,56 т/га. Использование  $N_{30}P_{30}K_{30}$  при посеве + некорневая подкормка Agree's НК способствовала получению наибольшего сбора сырого протеина.

3. Экономически выгодно использование предпосевной обработки семян ячменя биологическими удобрениями Азотовит и Фосфатовит. При этом получен дополнительный чистый доход 2,90 тыс. руб/га; уровень рентабельности 51 и 48 %. Коэффициент энергетической эффективности составил 2,50. Применение некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями Agree's способствует получению чистого дохода 8,7-9,8 тыс. руб/га; уровень рентабельности 53-54 %. Коэффициент энергетической эффективности 2,02-2,12.

**Степень достоверности и апробация работы.** Степень достоверности результатов проведённых исследований подтверждается соблюдением необходимого количества повторностей в полевых опытах, ежегодной приёмкой полевых опытов, использованием современных методик лабораторных анализов в соответствии с ГОСТ, публикацией основных положений диссертации.

Основные результаты исследовательской работы доложены на Национальной научно-практической конференции молодых учёных «Интеграционные взаимодействия молодых учёных в развитии аграрной науки» (Ижевск, 2019); Национальной научно-практической конференции «Высшему образованию в Удмуртской Республике – 65 лет» (Ижевск, 2019); Международной научно-практической конференции «Научные инновации в развитии отраслей АПК» (Ижевск, 2020); Международной научно-практической конференции «Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК» (Ижевск, 2021); Национальной научно-практической конференции «Современные достижения селекции растений – производству» (Ижевск, 2021).

**Организация исследований и личный вклад соискателя.** Автор участвовал в разработке программы и методологии исследований, обсуждении результатов, подготовке публикаций по теме диссертации. Планирование и проведение полевых опытов с ячменём в АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики в 2018-2021 гг., а также лабораторные исследования и анализы осуществлены лично автором при участии студентов агрономического факультета ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Автор также самостоятельно обобщил, проанализировал и дал экономическое и энергетическое обоснование полученным результатам.

Автор работает в должности агронома АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики. Исследования проведены автором в рамках темы исследований кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА «Изучение эффективности систем удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие дерново-подзолистых почв»; номер государственного учёта НИОКТР: АААА-А17-1171220400 13-6.

**Публикации по теме диссертации.** По материалам исследований опубликовано 6 печатных работ, в том числе 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа изложена на 112 страницах компьютерного текста, состоит из введения и 5 глав, заключения, выводов и предложений производству, включает 46 таблиц, 4 рисунка и 108 приложений. Список литературы включает 198 авторов, в том числе 14 иностранных.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность и благодарность за ценные советы и постоянную поддержку научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, Бортник Татьяне Юрьевне. Автор благодарит за помощь в проведении исследований профессора Башкова Александра Степановича, доцента Лекомцеву Елену Владимировну, доцента Карпову Алину Юрьевну, доцента Эсенкулову Ольгу Владимировну и других сотрудников и студентов агрономического факультета.

## **Глава 1 Состояние изученности вопроса (обзор литературы)**

В главе изложены результаты научных исследований по вопросам применения комплексных минеральных и биологических удобрений при возделывании ячменя в современных условиях.

## Глава 2 Условия и методика проведения исследований

Исследования 2018-2021 гг. проведены на землепользовании АО «Путь Ильича» Завьяловского района; лабораторный и модельный опыты, а также анализы почвенных и растительных образцов выполнены в аналитической лаборатории агрономического факультета ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Схема лабораторного и модельного опыта: 1. Контроль (обработка семян водой); 2. Азотовит; 3. Фосфатовит; 4. Азотовит + Фосфатовит.

Полевой опыт 1. Изучение эффективности биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя. Схема опыта: 1. Контроль – без протравливания; 2. Фон – Протравливание Виал ТТ; 3. Фон + Азотовит 2 л/т семян – Фон +  $A_{oc}$ ; 4. Фон + Фосфатовит 2 л/т семян – Фон +  $\Phi_{oc}$ ; 5. Фон + Азотовит + Фосфатовит по 2 л/т семян – Фон +  $A_{oc}$  +  $\Phi_{oc}$ ; 6. Фон + опрыскивание в кушение – Азотовит – 0,5 л/га – Фон +  $A_{ок}$ ; 7. Фон + опрыскивание в кушение – Фосфатовит – 0,5 л/га – Фон +  $\Phi_{ок}$ ; 8. Фон + опрыскивание в кушение – Азотовит + Фосфатовит по 0,5 л/га – Фон +  $A_{ок}$  +  $\Phi_{ок}$ ; 9. Фон + Азотовит + Фосфатовит по 2 л/т + опрыскивание в фазу кушения Азотовитом и Фосфатовитом по 0,5 л/га – Фон +  $A_{oc}$  +  $\Phi_{oc}$  +  $A_{ок}$  +  $\Phi_{ок}$ ; 10. Фон + Азотовит + Фосфатовит по 2 л/т + опрыскивание в фазу кушения Азотовитом и Фосфатовитом по 0,5 л/га +  $N_{10}$  (карбамид) – Фон +  $A_{oc}$  +  $\Phi_{oc}$  +  $A_{ок}$  +  $\Phi_{ок}$  +  $N_{10}$ ; 11. Фон + Азотовит + Фосфатовит по 2 л/т + опрыскивание в фазу выхода в трубку Азотовитом и Фосфатовитом по 0,5 л/га +  $N_{10}$  (карбамид) – Фон +  $A_{oc}$  +  $\Phi_{oc}$  +  $A_{от}$  +  $\Phi_{от}$  +  $N_{10}$ .

Доза рабочего раствора при обработке семян 10 л/т. Доза рабочего раствора при опрыскивании 200 л/га. Повторность четырёхкратная, размещение вариантов в повторениях систематическое. Учётная площадь делянки 60 м<sup>2</sup>.

Полевой опыт 2. Изучение эффективности жидких комплексных минеральных удобрений Agree's при возделывании ячменя. Схема опыта (двухфакторный): Фактор А – некорневая подкормка (опрыскивание) удобрениями Agree's: 1. Без удобрений (контроль); 2. Опрыскивание Agree's фосфор 2 л/га в фазу кушения – Agree's P; 3. Опрыскивание Agree's Азот-калий 2 л/га в фазу кушения – Agree's NK; 4. Опрыскивание Agree's Азот 2 л/га в фазу кушения – Agree's N; 5. Опрыскивание  $N_{10}$  (карбамид) в фазу кушения –  $N_{10}$ . Фактор В – припосевное внесение NPK: 1. Без удобрений (контроль); 2.  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (азофоска в дозе по 30 кг д.в. каждого элемента)

Доза рабочего раствора 200 л/га. Повторность опыта четырёхкратная, размещение вариантов в повторениях систематическое; опыт заложен методом расщеплённых делянок. Учётная площадь делянки первого порядка 60 м<sup>2</sup>; второго порядка – 30 м<sup>2</sup>. Технология возделывания ячменя в опыте была общепринятая для условий Удмуртской Республики. Сорт ячменя – Сонет.

Производственный опыт 3. Изучение эффективности биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя. На площади 500 га в АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики была проведена производственная проверка эффективности биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит. Семена ячменя перед посевом были обработаны из расчёта 10 л рабочего раствора на тонну семян. Учёт урожайности сплошной при комбайновой уборке.

Учёты, наблюдения и анализы проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Агрохимические анализы выполнены по следующим методикам:  $pH_{KCl}$  потенциометрически; гидролитическая кислотность по Каппену; сумма обменных оснований по Каппену-Гильковицу; подвижный фосфор и калий по Кирсанову; гумус по Тюрину в модификации Симакова; обменный аммоний по методу ЦИНАО; нитраты в почве ионометрически; сухое вещество термогравиметрически; азот, фосфор и калий в растениях, сырой протеин после мокрого озоления. Урожайность в полевых опытах учитывали сплошным методом с каждой делянки; урожайность зерна пересчитывалась на стандартную влажность (14 %) и чистоту (100 %). Математическая обработка результатов проведена на ПЭВМ с помощью прикладных программ *Microsoft Excel*. Существенность разницы в показаниях между вариантами в опытах установлена методом дисперсионного анализа [Доспехов, 1987].

Энергетическую и экономическую оценку эффективности удобрений проводили на основании технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур [Методические указания..., 1997; Типовые нормативно-технологические карты..., 2004].

Полевые опыты 1 и 2 и производственное испытание эффективности биологических удобрений проводили на типичных дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах; почвы слабокислые, обеспеченность подвижным фосфором по Кирсанову повышенная, подвижным калием – средняя.

Агрометеорологические условия довольно сильно различались по годам. Вегетационный период 2018 г. в целом сложился благоприятно для возделывания зерновых культур; 2019 г. отличался относительно низкими температурами и высоким увлажнением. В 2020 г. в первую половину вегетации выпадало недостаточно осадков при относительно низких температурах, а июль отличался высокими температурами и интенсивным увлажнением. В связи с этим эффективность применения удобрений и отзывчивость на них ячменя в разные годы была различной.



## Глава 3 Эффективность биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя

### 3.1 Урожайность ячменя

В лабораторном опыте было выявлено положительное влияние обработки семян ячменя удобрением Фосфатовит – всхожесть возросла на 12,8 %. Проростки растений, высаженные в пластиковые сосуды более активно наращивали длину и массу при предпосевной обработке удобрениями Азотовит и Фосфатовит.

В полевом опыте 2018-2021 гг. эффективность биологических удобрений в значительной степени определялась агрометеорологическими условиями вегетационных периодов (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние биологических удобрений на урожайность зерна ячменя

Вариант	2018 г	2019 г	2020 г	Среднее за 3 года		
	т/га			т/га	прибавка к контролю	
					т/га	%
1 Контроль (без удобрений)	2,28	2,36	3,08	2,57	-	
2 Фон –Виал ТТ	2,37	1,77	2,87	2,34	-0,23	-9,2
3 Фон + А <sub>ос</sub>	2,56	2,88	3,56	3,00	0,43	18,3
4 Фон + Ф <sub>ос</sub>	2,52	3,54	3,39	3,15	0,58	19,2
5 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub>	2,50	3,34	3,57	3,14	0,57	17,9
6 Фон + А <sub>ок</sub>	2,53	2,78	3,05	2,79	0,22	6,8
7 Фон + Ф <sub>ок</sub>	2,46	2,95	3,20	2,87	0,30	10,6
8 Фон + А <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub>	2,76	3,10	3,33	3,06	0,49	17,1
9 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + А <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub>	2,70	3,03	3,60	3,11	0,54	17,5
10 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + А <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub> + N <sub>10</sub>	2,56	2,82	3,97	3,12	0,55	17,5
11 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + А <sub>от</sub> + Ф <sub>от</sub> + N <sub>10</sub>	2,49	2,94	3,37	2,93	0,36	11,6
НСР <sub>05</sub>	0,24	0,84	0,57	0,43		

В среднем за три года исследований по отношению к контролю биологические удобрения на фоне протравливания семян оказали положительное влияние на урожайность зерна при использовании в качестве предпосевной обработки семян (прибавки 0,43-0,58 т/га), а также при сочетании этого приёма с опрыскиванием растений в фазу кущения (прибавки 0,49-0,55 т/га). В то же время выявлена тенденция снижения урожайности зерна при протравливании семян Виал ТТ. По отношению к варианту 2 все способы использования биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит способствовали получению существенных прибавок урожайности в пределах 0,45-0,81 т/га. Если сравнить между собой способы использования и сроки опрыскивания, то отклонения между вариантами

находятся в пределах ошибки опыта. Также не выявлено положительное влияние на урожайность опрыскивания карбамидом в дозе  $N_{10}$ .

### 3.2 Качество и вынос элементов питания с урожайностью ячменя

В условиях интенсивного увлажнения и относительно низких температур 2019 г. содержание элементов питания в основной и побочной продукции ячменя, особенно фосфора и калия, было заметно ниже средних показателей для этой культуры, которые приводятся в справочной и научной литературе [Дзюин, 2020]. Выявлено достоверное повышение содержания азота в зерне (табл. 2); в вариантах с использованием Азотовит+Фосфатовит для предпосевной обработки семян (вариант 5) и этих же биологических удобрений, но при сочетании обоих способов использования (вариант 9) в фазу кущения и в фазу трубкования с добавлением карбамида (вариант 11) увеличение содержания азота в зерне составило 0,14, 0,11 и 0,17 % соответственно по отношению к абсолютному контролю.

Таблица 2 – Влияние биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на содержание азота в продукции ячменя, %

Варианты	2019 г.		2020 г		Среднее за два года	
	в зерне	в соломе	в зерне	в соломе	в зерне	в соломе
1 Контроль (без удобрений)	1,21	0,26	1,36	0,29	1,28	0,28
2 Фон – Виал ТТ	1,19	0,25	1,39	0,32	1,29	0,28
3 Фон + $A_{oc}$	1,25	0,32	1,54	0,45	1,40	0,38
4 Фон + $\Phi_{oc}$	1,22	0,26	1,20	0,33	1,21	0,30
5 Фон + $A_{oc}$ + $\Phi_{oc}$	1,35	0,32	1,65	0,40	1,50	0,36
6 Фон + $A_{ок}$	1,30	0,31	1,48	0,41	1,39	0,36
7 Фон + $\Phi_{ок}$	1,21	0,31	1,28	0,43	1,24	0,37
8 Фон + $A_{ок}$ + $\Phi_{ок}$	1,29	0,29	1,49	0,40	1,39	0,34
9 Фон + $A_{oc}$ + $\Phi_{oc}$ + $A_{ок}$ + $\Phi_{ок}$	1,32	0,29	1,58	0,37	1,45	0,33
10 Фон + $A_{oc}$ + $\Phi_{oc}$ + $A_{ок}$ + $\Phi_{ок}$ + $N_{10}$	1,28	0,30	1,45	0,33	1,36	0,32
11 Фон + $A_{oc}$ + $\Phi_{oc}$ + $A_{от}$ + $\Phi_{от}$ + $N_{10}$	1,38	0,33	1,43	0,40	1,40	0,36
НСР <sub>05</sub>	0,11	$F_{\Phi} < F_T$	0,25	0,09	н. обр	н. обр.

По отношению к фону выявлено увеличение этого показателя в тех же вариантах, а также при опрыскивании Азотовитом в фазу кущения (вариант 6) на 0,11-0,19 %. Содержание азота в соломе изменяется по вариантам в пределах

ошибки опыта. То же получено и по содержанию других элементов питания в зерне и соломе, однако следует отметить хорошо выраженную тенденцию увеличения показателей при использовании биологических удобрений по отношению к контролю и фону.

В 2020 г. в относительно благоприятных условиях содержание основных элементов питания в продукции ячменя несколько выше, чем в предыдущем году. Содержание азота довольно значительно изменялось по вариантам, однако достоверное увеличение – на 0,29% по отношению к контролю получено лишь при использовании обработки семян сочетанием биологических удобрений (вариант 5). В остальных вариантах этот показатель возрастал при использовании биологических удобрений на уровне положительной тенденции.

В соломе также выявлено достоверное увеличение содержания азота под влиянием обработки семян Азотовитом (вариант 3), сочетанием Азотовит + Фосфатовит (вариант 5) и опрыскивания растений в фазу кущения растворами Азотовита (вариант 6) и Фосфатовита (вариант 7); увеличение показателя по отношению к контролю составило 0,10-0,15 %.

Важным показателем качества зерна ячменя является содержание в нём сырого протеина. В целом по двум годам проведения опыта этот показатель относительно низкий, особенно в условиях 2019 г., и по содержанию сырого протеина зерно ячменя можно отнести только к III классу кормового назначения. Однако выражено положительное влияние на этот показатель предпосевной обработки семян сочетанием Азотовит + Фосфатовит в оба года исследований; в 2019 г. достоверное увеличение по отношению к контролю составило 0,84 %, а в 2020 – 1,80 %.

На рисунке 1 представлены средние показатели сбора сырого протеина за два года.

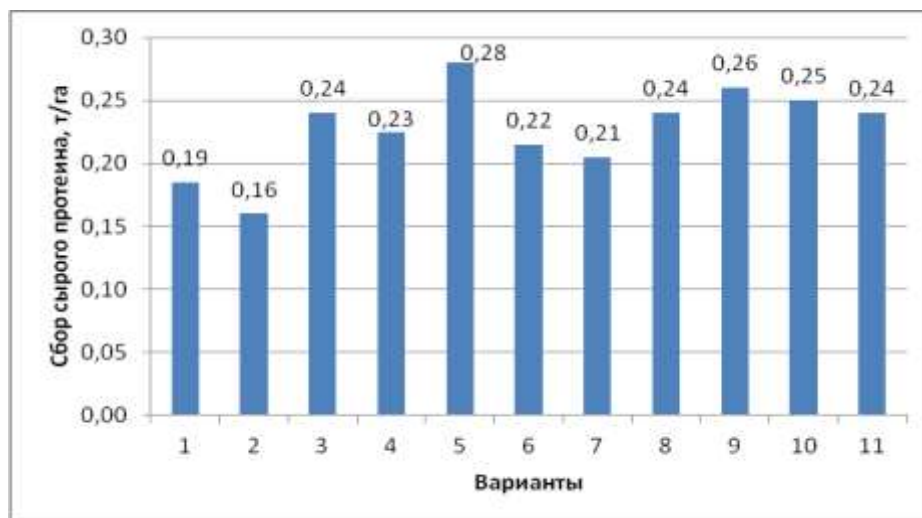


Рисунок 1 – Влияние биологических удобрений на сбор сырого протеина с урожаем ячменя (Удмуртская Республика, 2019-2020 гг.)

Наибольший сбор сырого протеина получен при использовании предпосевной обработки семян сочетанием Азотовит + Фосфатовит (вариант 5); прибавка сбора по отношению к контролю составила 0,09 т/га, что соответствует 51,4 %. Совместное использование предпосевной обработки семян и опрыскивания растений растворами данных биологических удобрений (вариант 9) привело к увеличению сбора сырого протеина по отношению к контролю на 0,07 т/га, что соответствует 40,5 %.

В среднем за два года вынос основных элементов питания составил: N – 15,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 9,3 и K<sub>2</sub>O – 23,4 кг/т зерна. Следует отметить, что применение биологических удобрений способствовало повышению показателей выноса элементов питания; так, при использовании удобрений показатели выноса N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O по сравнению с контрольным вариантом выше на 10,7; 9,3 и 4,9 % соответственно.

### 3.3 Влияние биологических удобрений на показатели плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

Анализ почвенных проб, отобранных после уборки ячменя, показал, что использование биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит существенно не повлияло на основные агрохимические показатели (гумус, рН<sub>KCl</sub>, K<sub>2</sub>O по Кирсанову) дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Таблица 3 – Влияние биологических удобрений на содержание подвижных форм фосфора и калия в дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве (2018-2020 гг.)

Вариант	Содержание подвижных элементов, мг/кг почвы					
	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1 Контроль (без удобрений)	134	133	125	118	129	115
2 Фон – Виал ГТ	133	136	120	124	127	116
3 Фон + A <sub>ос</sub>	132	123	130	110	131	113
4 Фон + Ф <sub>ос</sub>	140	126	138	108	141	116
5 Фон + A <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub>	138	134	140	118	139	115
6 Фон + A <sub>ок</sub>	135	130	128	120	131	116
7 Фон + Ф <sub>ок</sub>	134	133	130	118	133	116
8 Фон + A <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub>	138	130	134	125	132	118
9 Фон + A <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + A <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub>	143	133	135	130	134	116
10 Фон + A <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + A <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub> + N <sub>10</sub>	141	128	124	130	130	130
11 Фон + A <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + A <sub>от</sub> + Ф <sub>от</sub> + N <sub>10</sub>	135	129	128	123	129	123
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>г</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>г</sub>	11	F <sub>ф</sub> <F <sub>г</sub>	7	F <sub>ф</sub> <F <sub>г</sub>

Однако в условиях избыточного увлажнения в 2019 г. получено достоверное увеличение содержания подвижного фосфора в почве при использовании предпосевной обработки семян препаратом Фосфатовит (вариант 4) и совместной обработки Азотовит + Фосфатовит (вариант 5) – на 13 и 15 мг/кг почвы соответственно (табл. 3). В этих же вариантах выявлено достоверное увеличение содержания фосфора в условиях 2020 г. – на 12 и 10 мг/кг почвы соответственно.

Выявлено также положительное влияние биологических удобрений на формы минерального азота в почве (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние биологических удобрений на содержание форм минерального азота в дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве (2018-2020 гг.)

Вариант	Содержание форм минерального азота, мг/кг почвы					
	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1 Контроль (без удобрений)	10,0	3,1	7,0	2,9	8,4	4,6
2 Фон – Виал ТТ	12,3	1,9	12,2	1,5	8,8	3,4
3 Фон + А <sub>ос</sub>	13,7	7,5	14,4	6,4	8,7	8,4
4 Фон + Ф <sub>ос</sub>	10,0	4,9	9,2	4,7	7,8	6,2
5 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub>	13,3	2,0	12,1	1,8	10,7	3,8
6 Фон + А <sub>ок</sub>	11,9	3,3	10,0	3,1	9,2	4,9
7 Фон + Ф <sub>ок</sub>	12,9	3,4	9,8	3,1	8,6	4,2
8 Фон + А <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub>	12,3	5,0	9,1	4,7	8,4	5,5
9 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + А <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub>	15,4	1,9	11,9	1,7	11,2	4,1
10 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + А <sub>ок</sub> + Ф <sub>ок</sub> + N <sub>10</sub>	14,0	2,0	12,0	1,7	10,8	5,6
11 Фон + А <sub>ос</sub> + Ф <sub>ос</sub> + А <sub>от</sub> + Ф <sub>от</sub> + N <sub>10</sub>	12,3	2,2	9,5	1,7	9,4	4,0
НСР <sub>05</sub>	2,9	3,7	3,8	2,1	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>

В условиях 2018 г. выявлено достоверное влияние биологических удобрений на содержание аммонийного азота; при использовании предпосевной обработки семян Азотовитом (вариант 3) и совместным применением Азотовита и Фосфатовита (вариант 5) получено увеличение данного показателя на 3,7 и 3,3 мг/кг почвы. Также выявлено положительное влияние сочетания предпосевной обработки обоими препаратами с опрыскиванием растений в фазу кущения с добавлением карбамида N<sub>10</sub> и без него; достоверное увеличение по отношению к контролю составило 4,0 и 5,4 мг/кг (варианты 10 и 9 соответственно).

В условиях 2019 г. получены аналогичные результаты при предпосевной обработке семян с использованием Азотовита (варианты 3 и 5) – выявлено существенное увеличение содержания аммонийного азота на 7,4 и 5,1 мг/кг; в ва-

риантах сочетания предпосевной обработки семян с опрыскиванием также выявлено увеличение содержания нитратного азота – на 4,9 и 5,0 мг/кг. В условиях 2020 г. положительное влияние биологических удобрений на этот показатель находится на уровне тенденции.

Содержание нитратного азота во все годы исследований изменялось в близких пределах; следует отметить увеличение этого показателя на 4,4 и 2,5 мг/кг почвы при использовании обработки семян Азотовитом в 2018 и 2019 гг.

Лабораторные исследования показали (рис. 2), что наиболее высокое количество разных групп микроорганизмов в почве получено при совместном использовании предпосевной обработки семян и опрыскивания растений растворами биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит.

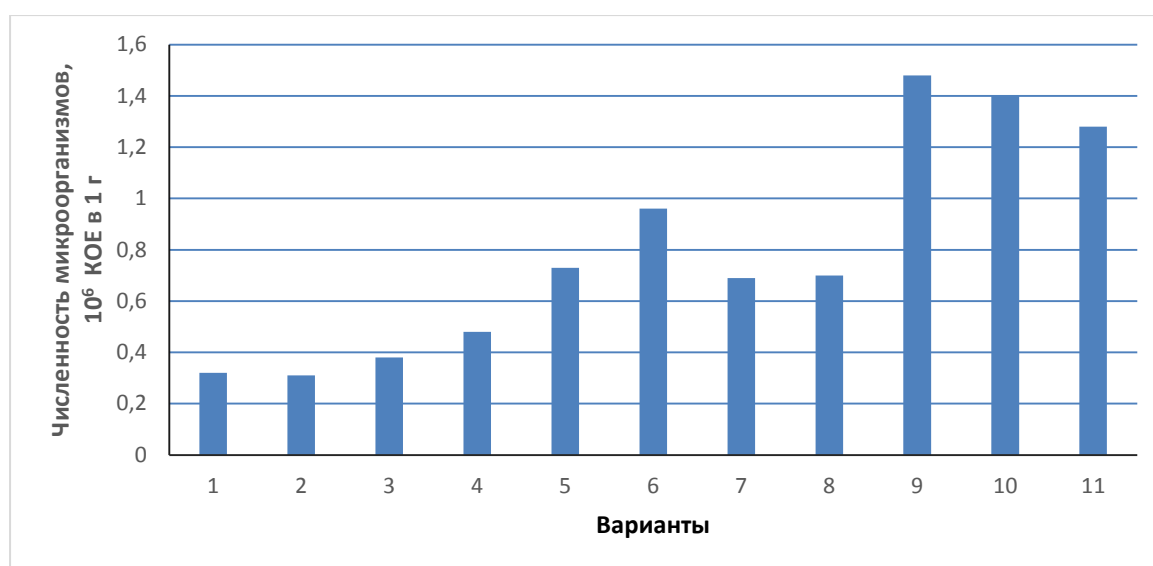


Рисунок 2 – Влияние биологических удобрений на численность микроорганизмов в почве,  $10^6$  КОЕ в 1 г

Таким образом, при возделывании ячменя на типичных для Вятско-Камской земледельческой провинции дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах выявлено положительное влияние биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на некоторые агрохимические и биологические свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы. При этом отмечено, что на эффективность данных удобрений оказывают влияние агрометеорологические условия вегетационных периодов.

## Глава 4 Эффективность жидких комплексных минеральных удобрений Agree's при возделывании ячменя

### 4.1 Влияние комплексных удобрений на урожайность ячменя

Жидкие формы комплексных удобрений позволяют применять наиболее экономичные способы внесения – предпосевную обработку семян и некорневую подкормку растений (опрыскивание). В связи с этим было предпринято изучение эффективности некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями Agree's при возделывании ячменя на типичных дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах Вятско-Камской земледельческой провинции. Средние урожайные данные за три года приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Влияние жидких комплексных удобрений Agree's на урожайность ярового ячменя в среднем за три года (2018-2020 г.)

№	Фактор А (некорневая подкормка)	Фактор В (NPK при посеве)				Отклонение от фактора В	Среднее по фактору А	
		без удобрений		NPK			т/га	±
		т/га	±	т/га	±			
1	Без удобрений (к)	1,97	-	2,23	-	0,26	2,10	-
2	Agree's P	2,26	0,29	2,59	0,36	0,33	2,43	0,33
3	Agree's NK	2,57	0,60	2,75	0,52	0,18	2,66	0,56
4	Agree's N	2,36	0,39	2,71	0,48	0,35	2,53	0,44
5	N <sub>10</sub>	2,29	0,32	2,39	0,16	0,10	2,34	0,24
<b>Среднее по фактору В</b>		2,29		2,53		0,24	2,41	
НСР <sub>05</sub>	ч. р. по фактору А 0,32							
	ч. р. по фактору В 0,40							
	гл.эф. по фактору А 0,20							
	гл. эф. по фактору В 0,18							

На фоне без удобрений некорневая подкормка удобрениями Agree's с составом NK и N способствовала получению существенных прибавок урожайности зерна 0,60 и 0,39 т/га соответственно.

На фоне припосевного внесения NPK положительно на урожайность зерна подействовали все удобрения Agree's; прибавки 0,36-0,52 т/га. В целом за три года исследований выявлено положительное действие некорневой подкормки удобрениями Agree's на урожайность ячменя; получены прибавки урожайности 0,33-0,56 т/га. Статистически доказана также эффективность некорневой подкормки карбамидом в дозе N<sub>10</sub>; получена прибавка 0,24 т/га при НСР главных эффектов по фактору А = 0,20 т/га. Припосевное внесение N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> в

среднем за три года способствовало получению существенной прибавки урожайности зерна 0,24 т/га при НСР главных эффектов по фактору В = 0,18 т/га.

#### **4.2 Влияние комплексных удобрений на качество зерна ячменя**

Анализ зерна и соломы ячменя показал, что в условиях 2019 г. выявлено существенное положительное влияние припосевного внесения азофоски – увеличение содержания азота в зерне по отношению к контролю в среднем составило 0,22 % при НСР главных эффектов по фактору В = 0,18 %. В то же время некорневая подкормка повлияла на содержание азота неоднозначно. Без припосевного внесения NPK выявлено существенное увеличение содержания азота в зерне на 0,73 % при использовании Agree's NK, а на фоне NPK в этом же варианте содержание азота в зерне возросло на 1,30 %. На фоне припосевного внесения проявилась также эффективность некорневой подкормки удобрением Agree's P. Однако в целом по опыту следует выделить использование удобрения Agree's NK, где среднее увеличение содержания азота в зерне составило 1,02 %. В условиях 2020 г. закономерные изменения содержания азота в зерне под влиянием используемых удобрений не выявлены, хотя прослеживается тенденция положительного влияния некорневых подкормок удобрениями Agree's. В среднем за два года в результате применения удобрений содержание азота в зерне возросло на 0,37 % без припосевного внесения и в вариантах Agree's NK и Agree's P на 0,64 и 0,36 % на фоне припосевного внесения NPK.

Наибольший сбор сырого протеина получен при использовании припосевного внесения азофоски в сочетании с некорневой подкормкой удобрениями Agree's NK и Agree's P. Некорневая подкормка удобрением Agree's NK без припосевного внесения NPK также способствовала повышению сбора сырого протеина с урожаем ячменя.

В среднем за два года исследований показатели выноса элементов питания составили: N – 18,3 кг/т; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 11,9 кг/т и K<sub>2</sub>O – 24,9 кг/т.

### **Глава 6 Экономическая и энергетическая оценка применения комплексных минеральных и биологических удобрений**

Для расчёта экономической эффективности применения биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит были взяты варианты с использованием данных удобрений в качестве предпосевной обработки семян, как показавшие более стабильное положительное влияние на урожайность ячменя. Так, в условиях 2018 г. использование Азотовита и Фосфатовита для обработки семян поз-



волило получить дополнительный чистый доход на 1,26 и 0,93 тыс. руб/га соответственно по отношению к контролю. Рентабельность в этих вариантах составила 18 и 16 %, себестоимость снизилась на 0,37 и 0,26 тыс. руб/т. В условиях 2019 г. при интенсивном увлажнении урожайность значительно различалась по вариантам. Кроме того, протравливание в качестве фона привело к снижению урожайности. Это сказалось на показателях экономической эффективности. Так, более выгодным оказалось использование для предпосевной обработки семян удобрения Фосфатовит и совместного применения Азотовит + Фосфатовит. В этих вариантах по отношению к контролю без удобрений получен дополнительный чистый доход 6,16 и 5,41 тыс. руб/га; рентабельность составила 41 и 37 %; себестоимость снизилась на 1,52 и 1,32 тыс. руб/т соответственно.

В условиях 2020 г. на фоне протравливания предпосевная обработка семян биологическими удобрениями оказалась экономически выгодной. Так, обработка удобрением Азотовит способствовала получению дополнительного чистого дохода 2,90 тыс. руб/га, а совместное использование удобрений Азотовит и Фосфатовит увеличило чистый доход на 2,48 тыс.руб/га относительно контроля без удобрений. В этих вариантах рентабельность составила 51 и 48 %, а себестоимость снизилась на 0,41 и 0,29 тыс. руб/т соответственно.

Использование биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит для предпосевной обработки семян было выгодно и с энергетической точки зрения во все годы исследований. Например, в условиях 2020 г. затраты энергии при использовании удобрений были получены ниже, чем в контроле на 0,57-0,85 Гдж/т зерна; коэффициент энергетической эффективности выше контрольного варианта на 0,18-0,29 единицы.

Производственное испытание биологического удобрения Азотовит на посевах ячменя (500 га) в АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики способствовало получению годового экономического эффекта 1116 тыс. руб.

Некорневая подкормка комплексными удобрениями Agree's показала агрономическую эффективность, выразившуюся в прибавках урожайности зерна ячменя. В связи с относительно высокой стоимостью азофоски варианты, где было использовано в качестве фона припосевное внесение этого удобрения в дозе  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , по получению чистого дохода уступают контрольному варианту без удобрений. В условиях 2019 г. при использовании некорневой подкормки растений ячменя в фазу кущения комплексными жидкими минеральными удобрениями Agree's NK и Agree's P получен наибольший уровень чистого дохода; по отношению к контролю дополнительно получено 2,00 и 0,90 тыс. руб/га. Рентабельность в этих вариантах составила 54 и 53 %; себестоимость снизилась на 0,11 и 0,05 руб/т.

В этих же вариантах получена и наиболее высокая энергетическая эффективность. Так, коэффициент энергетической эффективности при использовании некорневой подкормки Agree's P, этого же удобрения в сочетании с фоновым припосевным удобрением  $N_{30}P_{30}K_{30}$  и Agree's NK составил 2,02; 2,08 и 2,12 соответственно.

## Заключение

На основании проведенных в 2018-2020 гг. исследований можно сделать следующие выводы.

1. При возделывании ячменя на типичных для Вятско-Камской земельной провинции дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах выявлено положительное влияние биологических удобрений на урожайность зерна. В среднем за три года исследований по отношению к контролю биологические удобрения Азотовит и Фосфатовит на фоне протравливания семян оказали положительное влияние на урожайность зерна при использовании в качестве предпосевной обработки семян (прибавки 0,43-0,58 т/га), а также при сочетании этого приёма с опрыскиванием растений ячменя в фазу кущения (прибавки 0,49-0,55 т/га).

2. Применение биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит для предпосевной обработки семян и в сочетании с опрыскиванием этими удобрениями способствовало достоверному повышению содержания азота в зерне – на 0,14-0,29 % и 0,11 % соответственно. При использовании обработки семян удобрениями Азотовит и Фосфатовит достоверно возросло содержание сырого протеина в зерне на 0,84-1,80 %. Наибольший сбор сырого протеина получен при использовании предпосевной обработки семян Фосфатовитом и сочетанием Азотовит + Фосфатовит. Содержание фосфора и калия в зерне и соломе не зависело от использования биологических удобрений. Показатели выноса элементов питания определялись уровнем урожайности зерна и находились в зависимости от метеорологических условий выращивания; средний вынос составил: N – 15,2 кг/т;  $P_2O_5$  – 9,3;  $K_2O$  – 23,4 кг/т зерна. По сравнению со средними зональными показателями получен более высокий вынос фосфора и калия и несколько ниже – азота.

3. Использование биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит для предпосевной обработки семян и опрыскивания растений ячменя практически не влияло на агрохимические свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы. При использовании Фосфатовита для предпосевной обработки семян выявлено достоверное увеличение содержания подвижного фосфора в почве – на 10-15 мг/кг относительно контроля без удобрений. Использо-

вание Азотовита способствовало накоплению форм минерального азота в почве. Проявилось положительное влияние биологических удобрений на количественный состав почвенной микрофлоры. Наиболее высокая насыщенность почвы микроорганизмами получена при совместном использовании предпосевной обработки семян и опрыскивания растений растворами биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит.

4. В 2018-2020 гг. в разных агрометеорологических условиях все удобрения Agree's на фоне припосевного внесения азофоски  $N_{30}P_{30}K_{30}$  способствовали получению существенных прибавок урожайности зерна ячменя в пределах 0,33-0,56 т/га по отношению к контролю без удобрений.

5. В условиях избыточного выпадения осадков и относительно низких температур выявлено положительное влияние некорневой подкормки Agree's НК на содержание азота и сырого протеина в зерне, на фоне абсолютного контроля содержание азота возросло на 0,37 %; на фоне припосевного внесения  $N_{30}P_{30}K_{30}$  – на 0,64 %. Наибольший сбор сырого протеина получен при использовании  $N_{30}P_{30}K_{30}$  при посеве + некорневая подкормка Agree's НК. В среднем за два года исследований показатели выноса элементов питания составили: N – 18,3 кг/т;  $P_2O_5$  – 11,9 кг/т и  $K_2O$  – 24,9 кг/т.

6. Применение биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит для предпосевной обработки семян ячменя экономически и энергетически выгодно. Обработка Азотовитом способствовала получению дополнительного чистого дохода 2,90 тыс. руб/га; совместное использование Азотовит + Фосфатовит для предпосевной обработки увеличило чистый доход на 2,48 тыс. руб/га относительно контроля без удобрений. Рентабельность при этом составила 51 и 48 %. Коэффициент энергетической эффективности 2,50. При производственном испытании предпосевная обработка семян Азотовитом и Фосфатовитом способствовала получению чистого дохода 1116 тыс. руб.

7. Использование некорневой подкормки ячменя комплексными жидкими удобрениями Agree's НК и Agree's P экономически и энергетически выгодно; по отношению к контролю дополнительный чистый доход составил 2,00 и 0,90 тыс. руб/га; рентабельность 54 и 53 %; себестоимость снизилась на 0,11 и 0,04 руб/т. Коэффициент энергетической эффективности при использовании некорневой подкормки Agree's P, этого же удобрения в сочетании с фоновым припосевным удобрением  $N_{30}P_{30}K_{30}$  и Agree's НК составил 2,02; 2,08 и 2,12 соответственно.

## Рекомендации производству

При возделывании ячменя на дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах для повышения урожайности и качества зерна рекомендуется предпосевная обработка семян биологическими удобрениями Азотовит и Фосфатовит в дозе 2 л/т семян при разбавлении в 5 раз (10 л рабочего раствора на тонну семян). Перспективным приёмом для повышения урожайности и качества зерна ячменя также является некорневая подкормка комплексными жидкими минеральными удобрениями Agree's P и Agree's NK в дозе 2 л/га при разбавлении в 10 раз.

### Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

#### Статьи в научных изданиях перечня ВАК

1. **Игнатъев, А.В.** Эффективность биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя на дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики / **А.В. Игнатъев** // Агрохимический вестник. – 2021. – № 2. – С. 73-77.
2. Бортник, Т.Ю. Агрономическая эффективность биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя в условиях Вятско-Камской земледельческой провинции / Т.Ю. Бортник, **А.В. Игнатъев** // Плодородие. – 2021. – № 5 – С. 80-83.

#### Материалы конференций

1. **Игнатъев, А.В.** Эффективность способов применения биологических удобрений при возделывании ячменя / **А.В. Игнатъев**, Т.Ю. Бортник // Интеграционные взаимодействия молодых учёных в развитии аграрной науки / Сборник трудов студенческой научной конференции ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 4-5 декабря 2019 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 92-96.
2. **Игнатъев, А.В.** Эффективность комплексных удобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистых почвах / **А.В. Игнатъев**, Е.А. Носиков // Интеграционные взаимодействия молодых учёных в развитии аграрной науки / Сборник трудов студенческой научной конференции ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 4-5 декабря 2019 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 96-100.
3. **Игнатъев, А.В.** Эффективность обработки семян ячменя биологическими удобрениями / **А.В. Игнатъев**, Е.В. Лекомцева, В.О. Серебренников // Научные инновации в развитии отраслей АПК: Материалы международной научно-практической конференции 18-21 февраля 2020 года, г. Ижевск. – В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – т.1. – С.35-38.
4. Игнатъев, А.В. Влияние некорневых подкормок комплексными удобрениями на урожайность и качество зерна ячменя / А.В. Игнатъев, Т.Ю. Бортник, А.С. Башков // Современные достижения селекции растений – производству: Материалы национальной научно-практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – с. 122-131.