

Российская академия сельскохозяйственных наук
Всероссийский научно-исследовательский институт
агрохимии им. Д.Н.Прянишникова
Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии

А.А.ЗАВАЛИН

**БИОПРЕПАРАТЫ,
УДОБРЕНИЯ
И УРОЖАЙ**

Москва 2005

УДК 63:579.64+631.8+631.55
ББК 40.40(407)
Зав13

Завалин А.А. *Биопрепараты, удобрения и урожай.* М.: Издательство ВНИИА, 2005,- 302 с.

В книге обобщены результаты многолетних исследований по проблеме использования биопрепаратов комплексного действия на урожайность и качество различных сельскохозяйственных культур в зависимости от экологических условий. Рассматриваются биоконтрольное действие биопрепаратов, их влияние на азотное питание растений, накопление элементов питания в урожае в зависимости от внесения удобрений, уровня плодородия почвы, погодных условий вегетационного периода, сортовых особенностей полевых культур. С использованием стабильного изотопа приводится оценка возможных размеров фиксации ассоциативными микроорганизмами азота атмосферы и влияние биопрепаратов на баланс азота удобрений в системе почва-растение-атмосфера.

Книга предназначена для агрохимиков, микробиологов, агроэкологов, почвоведов, преподавателей и студентов, а также товаропроизводителей растениеводческой продукции.

Таблиц- 184, рисунков- 7, литература- 231.

Рецензент- кандидат биологических наук Кожемяков А.П.

Книга издана при финансовой поддержке ООО «Столица-Крок»

ISBN 5-9238-0040-3

©Завалин А.А.
О ВНИИА
© ВНИСХМ

Russian academy of agricultural science
All-Russian scientific-research institute of agrochemistry
named by D.N. Pryanishnikov
All-Russian scientific-research institute
of agricultural microbiology

A.A. Zavalin

**Bio-preparations,
fertilizers
and harvest**

Moscow,
Publishing house of All-Russian scientific-research institute of
agrochemistry named by D.N. Pryanishnikov, 2005

A.A. Zavalin. Bio-preparations, fertilizers and harvest Moscow. Publishing house of All-Russian scientific-research institute of agrochemistry named by D.N. Pryanishnikov, 2005. - 302 pages.

Results of the long-term experiments devoted to the influence of the complex bio-preparations' employment on yield and quality of agricultural crops depended on ecological conditions are published in this book.

Bio-control action of bio-preparations, it's influence on the nitrogen nutrition of plant, accumulation of nutrition elements in harvest depended on employment of fertilizers, soil fertility, climatic conditions of vegetative period, particularizes of crops are displaying. Appraisal of available volumes of nitrogen fixation by the associated microorganisms with employment of the stable isotope ^{15}N and influence of bio-preparations on nitrogen of fertilizers balance in soil-plant-atmosphere are listed.

Book is recommended for agrochemistrists, microbiologists, agricultural ecologists, soil scientists, educators and students, and also for producers of agricultural crops.

Tables - 184, figures - 7, literary outlook - 231 items.

Reviewer - bachelor of biological science Kozhemyakov A.P.

Book was made by the financial help of OOO "Stoliza-Krok"

ISBN 5-9238-0040-3

© Zavalin A.A.
© VNIA
© VNIISHM

Содержание

Предисловие.....	7
Введение.....	12
Глава 1.Основные механизмы действия биопрепаратов.....	13
1.1. Характеристика биопрепаратов комплексного действия и методические подходы к определению их агрономической эффективности.....	13
1.2 Биологическая фиксация азота в сельскохозяйственных биоценозах.....	22
1.3.Взаимодействие растений с ассоциативными ризобактериями.....	27
1.4. Влияние биопрепаратов на всхожесть семян и биомассу растений.....	32
1.5. Роль биопрепаратов комплексного действия в улучшении минерального питания растений.....	54
1.6. Биоконтрольное действие препаратов.....	77
Глава 2. Урожайность и качество растениеводческой продукции при использовании биопрепаратов.....	87
2.1. Яровые зерновые.....	87
2.1.1. Ячмень.....	87
2.1.2. Яровая пшеница.....	127
2.2. Озимые зерновые.....	137
2.2.1. Озимая рожь.....	137
2.2.2. Озимая пшеница.....	147
2.2.3. Озимое тритикале.....	158
2.3. Эффективность биопрепаратов в чистых и смешанных посевах яровой пшеницы и гороха.....	163
2.3.1. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы и гороха.....	163
2.3.2. Физиолого - агрохимические параметры, определяющие накопление белка в зерне яровой пшеницы и гороха.....	179
2.4.Роль почвенных и метеорологических условий и азотного удобрения в эффективности инокуляции зерновых культур ризоагрином.....	184
2.5. Взаимодействие сортов яровой пшеницы и ячменя с ризосферными ростстимулирующими бактериями в зависимости от внесения	

азотного удобрения.....	189
2.6. Картофель	198
2.7. Кукуруза	202
Глава 3. Использование растениями элементов питания при инокуля- ции семян биопрепаратами комплексного действия.....	215
Глава 4. Оценка размеров использования растениями дополнительного количества азота при инокуляции семян биопрепаратами с приме- нием изотопа ¹⁵ N.....	242
Глава 5. Эффективность инокуляции под культуры, выращиваемые на радиоактивно-загрязненной супесчаной почве.....	268
5.1. Овес и ячмень.....	268
5.2. Люпин желтый	277
Заключение.....	285
Литература.....	287

ПРЕДИСЛОВИЕ

В течение последнего времени во всем мире, а особенно в развитых странах преобладало направление, связанное с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Успехи, достигнутые в биологической науке, особенно в области питания растений, создали представление о возможности регулирования и "улучшения" основных свойств сельскохозяйственных растений путем максимального удовлетворения их потребностей за счет земледельца. Поэтому в агрохимии отчетливо проявилась тенденция всемерного увеличения применения минеральных удобрений, повышения их сбалансированности, массированного применения химических средств защиты (по отдельным видам продукции количество обработок за сезон приближается к двум десяткам!). Необходимо отметить, что агрохимикаты и дальше, несомненно, будут играть важнейшую роль в повышении продуктивности сельскохозяйственного производства. Поэтому задача состоит не в отмене «всякой химии», а в рациональном сочетании техногенных и природных источников продуктивности сельскохозяйственных растений.

В правильности такого подхода убеждает анализ современных тенденций развития сельскохозяйственного производства - сравнительный анализ использования агрохимикатов в сельском хозяйстве стран Европейского Сообщества и США показывает, что в Европе наблюдается устойчивая тенденция снижения использования минеральных удобрений и пестицидов.

Интенсификация сельскохозяйственного производства вряд ли приемлема для России, так же как и для других стран с обширными площадями, широким разнообразием экологических условий, а также традициями в ведении культуры сельскохозяйственного производства условиях, когда наиболее выгодным является получение средних, но стабильных урожаев (это характерно для Австралии, Аргентины, Канады, Китая).

Опыт внедрения интенсивных технологий в нашей стране убеждает, что их использование помимо общих проблем выдвигает еще и специфические российские, среди которых: слабая восприимчивость к научно-техническому прогрессу, невозможность исполнения технологических требований, значительная оторванность регионов от центра. В результате применение минеральных удобрений в целом по стране не превышает 10-15% от нормы. Выходом из этого тупика является всемерная поддержка отечественного производителя путем дотаций с одной стороны и - введение в практику там, где это возможно, альтернативных способов обеспечения растений необходимыми им функциями.

Микробиологические препараты, например, могут значительно снизить дозы минеральных удобрений, повысить коэффициент их использования.

Актуальность подобной проблемы не исчезает даже при достаточном потреблении и доступности агрохимикатов. Более того, оптимальное использование химических средств возможно лишь при их рациональном сочетании с комплексом биологических препаратов и технологий.

Из всех факторов, определяющих продуктивность сложной системы **почва-растение-микроорганизмы**, именно последние играют определяющую роль и именно они являются наименее изученными. Использование современных молекулярных методов в идентификации почвенных микроорганизмов позволило показать, что мы пока основываем свои знания и выводы на очень ограниченном круге известных и культивируемых видов. Не исключено, что важнейшие свойства почвы на самом деле определяются неизвестными нам пока видами микроорганизмов. Поэтому в данной области можно ожидать важных открытий, поскольку микроорганизмы оказывают решающее действие на формирование и генезис почвы, в существенной степени определяют степень ее плодородия.

Хотя первые данные о пользе микроорганизмов для повышения почвенного плодородия известны уже тысячи лет, основной взгляд на взаимоотношение растений и микробов сводился к установлению между ними трофических связей, что в значительной мере верно и сейчас, но именно исследования последних лет показали, что эти связи гораздо сложнее, многообразнее и незаменимы для нормального функционирования растений. Образно говоря, растения доверили ряд своих функций микроорганизмам, осуществление этих функций основывается на интеграции генетических факторов партнеров, так что проявление адапционных свойств контролируется генотипом надорганизменных систем. Хотя основные детали этого процесса изучаются на примере взаимодействия бобовых и клубеньковых бактерий, ясно, что выявленные таким образом «гены взаимодействия» у растений универсальны и используются для контроля не только азотфиксирующего, но и других симбиозов.

К основным механизмам полезного действия микроорганизмов на растения относятся:

- фиксация атмосферного азота (улучшение азотного питания);
- оптимизация фосфорного питания растений;
- стимуляция роста и развития растений (более быстрое развитие растений и созревания урожая);
- подавление развития фитопатогенов (контроль за развитием болезней и снижение поражённости ими растений, улучшение хранения продукции)

- улучшение питания растений (повышение коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы)

- повышение устойчивости растений к стрессовым условиям (возможность повышения продуктивности растений на фоне водного дефицита, неблагоприятных температур, повышенной кислотности, засоления или загрязнения почвы).

Список полезного воздействия микроорганизмов на растения далеко не исчерпывается только этим, но и сказанного достаточно, чтобы заключить, что активизация микробно-растительного взаимодействия является мощнейшим фактором продуктивного функционирования агрофитоценоза, которое в настоящий момент используется крайне неудовлетворительно.

Накопленные знания о механизмах взаимодействия микробов и растений позволяют ставить вопрос о направленном конструировании фитомикробных систем и оптимизации их адаптационных свойств с целью обеспечения воспроизводства почвенного плодородия, высокой продуктивности растений, их устойчивость к неблагоприятным факторам и стрессам при минимальных ресурсо- и энергозатратах.

Такой подход является генеральным направлением повышения устойчивости сельскохозяйственного производства и получения высококачественной конкурентоспособной продукции.

Основой такого конструирования является наличие эффективных штаммов микроорганизмов «в нужном месте в нужное время», а также сортов растений, способных к взаимодействию.

За последнее время в практику введены многие виды ризосферной микрофлоры и на базе этих видов созданы десятки микробных препаратов, полезное действие которых не приурочено жестко к определенной группе растений, но носит универсальный характер в отношении различных групп сельскохозяйственных культур.

Применение препаратов тем более актуально, что многие годы интенсификации не прошли даром и во многих почвах отмечена тенденция исчезновения полезных групп микроорганизмов и в то же время повышение численности и разнообразия вредных видов, что вызывает резкое и часто необратимое падение почвенного плодородия. Микробные препараты позволяют направленно регулировать состав и численность микробного комплекса на корнях в соответствии с потребностями и возможностями растений. Реализация потенциальных возможностей растительно-микробного взаимодействия возможно только при определенной агротехнике. Так, например, некоторые пестициды по своей химической структуре являются имитаторами биологически активных соединений, выделяемых растениями для подавления процесса клубенькообразования. Ясно,

что при использовании данных пестицидов симбиоз невозможен даже при наличии активных штаммов и соответствующих растений.

Во многом слабая эффективность взаимодействия объясняется также особенностями сортов интенсивного типа, которые часто генетически не способны к продуктивным отношениям с полезными микроорганизмами, так как в процессе селекции, направленной против действия эволюции, растения потеряли способность конкурировать за почвенную микрофлору и расселять ее на своих корнях.

Тем не менее, учеными нашей страны разработана, целая гамма микробиологических препаратов, они хорошо зарекомендовали себя не только в России, но и за рубежом, что позволяет говорить о комплексной "микробиологизации" сельскохозяйственного производства.

Реализация данного предложения во многом зависит от наличия объективных данных об эффекте микробиологических препаратов, определенном на основе системных исследований.

Однако в научной литературе крайне мало публикаций (а главное систематизации и объективного анализа результатов) по вопросам эффективности биопрепаратов, их влиянию на качество продукции, питание и особенности метаболизма растений.

Автору монографии удалось организовать системные исследования эффективности микробиологических препаратов в самых различных условиях и предлагаемый читателю труд основан на этих исследованиях, он существенно восполняет пробел в информации о микробиологических ресурсах современного земледелия. Книга может быть хорошим руководством для специалистов сельского хозяйства, так как основана на большом фактическом материале, полученном в результате многолетних исследований в различных агроэкологических условиях на широком спектре сельскохозяйственных культур (ячмень, пшеница, рожь, кукуруза, картофель и другие). Показано, что биопрепараты не только повышают урожай растений, но могут и существенно улучшать качество продукции. Установлено, что на фоне стрессовых агроэкологических условий эффект от применения биопрепаратов, как правило повышается.

В монографии рассматриваются также ряд экологических проблем (возделывание сельскохозяйственных культур на радиоактивно-загрязнённых почвах на фоне применения биопрепаратов). Показано, что биопрепараты могут по-разному влиять на накопление радионуклидов в растениях, что определяется особенностями микроорганизмов, являющихся их основой, генотипом растений и особенностями почвы.

С использованием метода изотопной индикации, изучен баланс азота в системе «растения-почва-удобрения», а также особенности минерального питания растений при использовании биопрепаратов. Установлено, что

за счёт активизации биологической фиксации азота в растения поступает дополнительно эквивалент 20-30 кг минеральных азотных удобрений. Кроме того, повышается продуктивное использование растениями азота удобрений и Почвы, а также снижаются непроизводительные потери азота.

Данная монография является плодом сотрудничества ВНИИ агрохимии с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, где разработаны биопрепараты, излагаемые данные являются частью комплексных исследований, координируемых ВНИИСХМ.

Уверен, что монография будет служить хорошим пособием и стимулом для эффективного применения биопрепаратов, практически поможет агрономам, фермерам в их работе и привлечет внимание исследователей к этому направлению.

И.А. Тихонович, академик Россельхозакадемии

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития отечественного земледелия особую актуальность приобретает комплексное использование традиционных средств химизации, в том числе промышленных минеральных удобрений с микробиологическими препаратами. Значение применения ростостимулирующих ризосферных микроорганизмов и увеличение использования фиксированного диазоторофными бактериями биологического азота при выращивании сельскохозяйственных культур имеет особое значение не только для устранения дефицита азота в питании растений, но и для рационального природопользования, наметившееся в конце прошлого века. Принцип рационального природопользования реализуется в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, направленных на эффективное использование земли, получение экологически и экономически обусловленного количества и качества растениеводческой продукции и обеспечивающих устойчивость агроландшафта и сохранение почвенного плодородия.

В последние годы достигнут значительный прогресс в создании биопрепаратов на основе ассоциативных микроорганизмов комплексного действия, хорошо зарекомендовавших на широком спектре сельскохозяйственных культур в России и за рубежом. Микроорганизмы, входящие в состав биопрепаратов, способны выполнять ряд функций, обеспечивая повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Механизмы взаимодействия растений и микроорганизмов, влияние биопрепаратов на минеральное питание растений, формирование величины и качества растениеводческой продукции, накопление в урожае основных элементов минерального питания растений, баланс азота удобрений, размеры вовлечения биологического азота в агроценоз рассматриваются в монографии.

Книга подготовлена по результатам полевых, микрополевых и модельных опытов, выполненных в Лаборатории биологического азота ВНИИ агрохимии им. Д.Н.Прянишникова, а также географической сети опытов с биопрепаратами ВНИИА и ВНИИСМ.

В проведении опытов принимали участие *Духанина Т.М., Азубеков Л.Х., Алметов Н.С., Байрамов Л.Э., Виноградова Л.В., Воробьева Л.А., Волков Е.Г., Каратаева А.С., Лекомцев П.В., Ляличкин О.А., Мартыанов М.И., Нестеров И.А., Понкратенков В.А., Пасынков А.В., Семенов П.Н., Сиддики М.Д., Сологуб Д.Б., Чистотин М.В., Тарасов А.Л., Хасан Г.К.*

Искренне благодарен *Андрею Петровичу Кожемякову* за ценные замечания и пожелания, высказанные при подготовке рукописи к печати.

Глава 1. Основные механизмы действия биопрепаратов

1.1. Характеристика биопрепаратов комплексного действия и методические подходы к определению их агрономической эффективности

Изучение взаимодействия растений и микроорганизмов имеет в настоящее время особую актуальность, поскольку резкое сокращение применения в сельском хозяйстве минеральных и органических удобрений, средств защиты растений ставит необходимость поиска дополнительных источников, какими могут быть биопрепараты комплексного действия, изготовленные на основе ризосферных микроорганизмов. Наряду с азотфиксацией, они продуцируют физиологически активные вещества, которые, воздействуя на растения, стимулируют их рост и развитие. В последнее время выявлены новые штаммы микроорганизмов, способные подавлять развитие патогенной микрофлоры, что в конечном итоге снижает заболеваемость растений, повышает их продуктивность и улучшает качество растениеводческой продукции.

Оценка эффективности биопрепаратов может быть проведена в полевых, микрополевых и лабораторных опытах. Изучение их в полевых опытах дает наиболее полное представление о характере влияния на урожайность и показатели качества растениеводческой продукции. Закладка полевых опытов по изучению эффективности биопрепаратов в целом соответствует методике проведения полевых исследований по изучению вопросов применения удобрений, вместе с тем, она имеет некоторые особенности.

На первых этапах исследований, а также при изучении баланса азота или выявления роли различных источников азотного питания растений в формировании урожая предусматривается проведение микрополевых опытов с использованием стабильного изотопа ^{15}N . В таких же опытах может быть изучена эффективность биопрепаратов в зависимости от уровня плодородия почвы (содержание гумуса, подвижных форм элементов питания, реакция среды и др.). Опыты проводятся, как правило, в сосудах без дна площадью до $0,25 \text{ м}^2$.

Для выявления эффективности различных препаратов в зависимости от сорта гибрида) или генотипа сельскохозяйственных растений целесообразно проводить исследования в мелкоделяночных опытах (площадь делянки до 2 м^2). Это позволяет при минимальных затратах получать информацию об эффективности биопрепаратов.

Действие ризосферных биопрепаратов на урожайность и качество сельскохозяйственных растений оценивается в полевых опытах, проводимых в соответствии с методикой исследований в Географической сети

опытов с удобрениями ВИУА. В этом случае в зависимости от применяемой сельскохозяйственной техники площадь делянки составляет от 20 до 100 м². Это позволяет при проведении полевого опыта применять существующую в регионе технологию возделывания сельскохозяйственных растений.

Ниже приводится принципиальная схема изучения действия биопрепаратов на различных сельскохозяйственных культурах. Проведение исследований по указанной программе позволяет получить многостороннюю информацию о характере действия биопрепаратов на растения.

**Определение эффективности биопрепаратов
под сельскохозяйственные культуры**

Determination

of the Effectivity of Biopreparations on Crops

Инокуляция семян, растений

Inoculation of seeds and plants

Всхожесть семян

Germination capacity

Наращение биомассы в онтогенезе

(вегетативная масса и корни)

Accumulation of biomass in course of development

Концентрация N и других элементов

Concentrations of N and other elements

Пораженность растений болезнями

Affection with plant diseases

Продуктивность культуры

(основная и побочная продукция)

Yields of crops

Показатели качества продукции

Quality parameters of production

Вынос азота и других элементов питания

Crop removal of nitrogen and other nutrients

Коэффициент использования азота

Coefficient of nitrogen utilization

Вынос биологического азота

Crop removal of biologic nitrogen

При планировании опытов, необходимо определить роли микроорганизмов в питании растений азотом. Для этого предложены принципиальные схемы, которые позволяют определить действие биопрепарата на урожайность и качество растений [Оценка эффективности микробных

препаратов в земледелии, 2000]. Схема включает два фона минерального питания растений: фосфорно-калийный и азотно-фосфорно-калийный. На обоих фонах производится посев инокулированных ризосферными биопрепаратами семян. В этом случае удастся получить данные по эффективности микроорганизмов на безазотном фоне и на фоне с внесением минимальной дозы азота, которая в зависимости от почвенно-климатической зоны, вида сельскохозяйственных растений может составлять от 30 до 45 кг/га действующего вещества.

Существенное значение при закладке полевых опытов имеет технология проведения инокуляции семенного материала биопрепаратами. Применяемая в настоящее время технология нанесения биопрепарата предусматривает проведение ее в день посева, что существенно снижает производительность работ и сохранение инокулированных семян. Вероятно, необходимо разработать новую технологию инокуляции, которая позволяла бы выполнять этот прием заблаговременно до посева.

Эффективность инокуляции сельскохозяйственных растений очевидна. Она позволяет повысить продуктивность посевов во всех регионах Российской Федерации. Применение ряда препаратов обеспечивает получение урожайности злаковых культур в таких же размерах, как внесение азотного удобрения в дозе 30—45 кг/га. Действие препаратов на продуктивность культур возрастает при посеве инокулированными семенами на фоне стартовой дозы азотного удобрения. При этом сбор продукции такой же, если применять под культуру удвоенную дозу азота минеральных удобрений.

При использовании ассоциативных биопрепаратов возникает необходимость определения объемов фиксированного азота, поскольку от этого зависит целесообразность их применения. Наряду с определением доли различных источников азотного питания растений с использованием стабильного изотопа азота, в полевых опытах их вклад может быть оценен по разнице между инокулированными и неинокулированными вариантами. Существенное значение при этом должно быть уделено определению газообразных потерь азота, ибо одни и те же микроорганизмы могут выполнять роль фиксаторов азота, так и усиливать его денитрификацию.

Микроорганизмы, на основе которых изготовлены биопрепараты, способны подавлять развитие патогенной микрофлоры на сельскохозяйственных растениях, поэтому изучение степени пораженияTM должно проводиться во всех типах опытов. Это дает возможность более точно выявить роль микроорганизмов в повышении продуктивности растений.

Симбиотическому азоту принадлежит значительная роль в обогащении агроценозов этим элементом минерального питания растений. Сочетание азота, фиксированного симбиотическими и ризосферными диазо-

трофами может в значительной степени повысить продуктивность сельскохозяйственных культур. Для этого планируется проведение комплексных исследований по инокуляции растений биопрепаратами в зависимости от принадлежности к бобовым или небобовым видам. Каждая культура севооборота перед посевом инокулируется наиболее активным штаммом азотфиксирующих микроорганизмов. В севообороте предусматривается выращивание типичных для зоны культур, при учете урожайности учитывается основная и побочная продукция и их химический состав.

В целях определения влияния инокуляции семян биопрепаратами на азотный режим почвы, ее гумусное состояние, микробный состав предусматривается заложение делянок с естественным агроценозом, а также паровых площадок. Определение вышеперечисленных параметров свойств почвы необходимо проводить до закладки полевого опыта и по окончании каждой ротации севооборота.

Открытие явления ассоциативной азотфиксации обосновало возможность искусственного обогащения ризосферы небобовых растений отобранными штаммами бактерий, способных к активному связыванию молекулярного азота. Наиболее доступным способом повышения уровня азотфиксации является внесение активных штаммов бактерий в ризосферу растений, что может достигаться путем прямой инокуляции семян или корней.

Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии разработан ряд биопрепаратов на основе активных штаммов ризосферных микроорганизмов. В качестве субстрата для приготовления биопрепаратов применяется размолотый торф. Препарат имеет вид увлажненной сыпучей массы темного цвета без запаха, нерастворимой в воде. Влажность торфа при приготовлении препарата равна 45-55%, к концу срока хранения допускается снижение содержания влаги до 40%.

Ризоторфин - предназначен для обработки семян бобовых культур. Действующее начало - клубеньковые бактерии, образующие на корнях растений клубеньки, где происходит процесс фиксации молекулярного азота из воздуха. Вследствие этого бобовые растения, инокулированные клубеньковыми бактериями, как правило, не нуждаются в азотных удобрениях.

Агрономическая эффективность ризоторфина для бобовых культур составляет в среднем 10-30%, дополнительный сбор белка - 1-2 ц/га.

За счет последствия многолетних трав (на площади 6-8 млн.га) возможно ежегодно получать дополнительно 10-15 млн.т зерна пшеницы и других зерновых культур. При этом общеизвестно благоприятное влияние бобовых на плодородие почвы.

При интродукции новых культур (козлятник, астрагалы и др. впервые высеваемые на данных почвах) применение Ризоторфина повышает продуктивность растений на 50-100% и накопление протеина в 2-3 раза.

Для инокуляции небобовых растений используют биопрепараты группы «экстрасол», изготовлений на основе ассоциативных ризосферных микроорганизмов.

Агрофил - создан на основе штамма, относящегося к роду *Agrobacterium* (*A. radiobacter*, штамм 10). Представляет собой порошковидный торфяной субстрат, обогащенный углеводами, витаминами, микроэлементами с влажностью 50-55%, инокулированный бактериями. В 1 г препарата содержится не менее 5-10 млрд. активных бактериальных клеток. Препарат находит широкое применение при выращивании овощей в условиях открытого и закрытого грунта. Повышает устойчивость к инфекционным заболеваниям и увеличивает урожайность огурцов, томатов, перцев, моркови, капусты, салата и других овощных культур. Препарат хорошо действует при обработке корневой системы клубники, крыжовника, малины, яблони, облепихи и других ягодных и плодовых культур. Улучшает всхожесть семян, стимулирует рост и развитие растений, повышает их устойчивость к корневым гнилям, ускоряет созревание урожая на 7-10 дней.

В условиях закрытого грунта прибавки урожая овощей составляют 2-4 кг/м². В открытом грунте он обеспечивает прибавку урожайности на 20-50 ц/га в зависимости от культуры, сорта, почвенно-климатических условий. Расход препарата для открытого грунта: салат, редис, морковь, укроп, петрушка - 200 - 300 г на гектарную норму семян; капуста, свекла, лук 600 г на 1000 растений; картофель - 2500 г на гектарную норму клубней; земляника, черенки плодовых - 200 г на 1 га.

Флавобактерин - создан на основе штамма, относящегося к роду *Flavobacterium* sp. (штамм JT 30). В 1 г торфяного бактериального препарата содержится 5-10 млрд. клеток бактерий данного штамма. Представляет собой порошковидный торфяной субстрат, обогащенный питательными веществами, с влажностью 45-50%. Отличительной особенностью препарата является его широкий спектр действия: положительные результаты получены в посевах пшеницы, ячменя, ржи, овса, риса, сорго, кормовых трав, картофеля. Хорошая реакция растений на обработку проявилась у многих овощных культур - капусты, свеклы, огурца, томатов и других культур. Положительное действие препарата определяет способность бактерий фиксировать молекулярный азот, стимулировать рост, продуцировать фитогармоны, улучшать минеральное питание, водный обмен и активизировать другие физиологические процессы растений. Препарат обладает сильным защитным действием против болезней растений. Использо-

вание препарата позволяет получить дополнительно 3-5 ц/га зерна, 30-80 ц/га овощей, 60-70 ц/га сахарной свеклы. Кроме того, значительно улучшается качество продукции за счет увеличения содержания: крахмала у картофеля - на 1,5-2%, сахара у сахарной свеклы - на 1-2,5%, масляности у подсолнечника - на 1-2%. Отмечено также существенное повышение содержания витаминов, каротина и других полезных веществ. При получении безвирусного посадочного материала картофеля и выращивании его в рулонной культуре использование флавобактерина стимулировало приживаемость, увеличивало количество формирующихся микро клубней и снижало поражаемость растений фитофторой. Расход препарата: многолетние злаковые травы - 200 - 300 г на гектарную норму семян, зерновые, подсолнечник, кукуруза, сахарная и кормовая свекла - 600 г, для картофеля - 2500 г.

Мизорин - создан на основе штамма, относящегося к роду *Arthrobacter* (*A. mysorens*, штамм 7). В 1 г торфяного препарата содержится 5-10 млрд. клеток данного штамма бактерий. Представляет собой порошковидный торфяной субстрат с влажностью 45-55%, обогащенный питательными веществами. Высокая эффективность препарата проявляется в посевах озимой ржи, кукурузы, сорго, кормовых трав, овощных и технических культур. Предпосевная обработка семян препаратом повышает урожайность кормового сорго 25-30 ц/га, зеленой массы кормовых трав на 20-40 ц/га, картофеля - на 40-60 ц/га. Повышает содержание переваримого протеина в кормах на 1-3%, улучшая при этом аминокислотный состав белка. Обработка препаратом увеличивает всхожесть семян, стимулирует рост и повышает устойчивость растений к корневым гнилям и другим болезням. Перспективно применение Мизорина для улучшения приживаемости картофеля, оздоровленного от вирусных инфекций. При применении его в полевых опытах прибавка урожая клубней составляла 17-29%. Мизорин выгодно отличается от остальных биопрепаратов определенной устойчивостью к недостатку влаги в почве. При этом может давать хороший эффект в богарных условиях на ряде овощных и технических культур. Повышает эффективность ризоторфина на бобовых (козлятник, люцерна, люпин и другие), стимулируя развитие симбиотического аппарата. Оказывает положительное влияние на содержание витамина С (повышая его содержание на 30-50%). Расход препарата на гектарную норму семян: зерновые, подсолнечник, кукуруза, сахарная, кормовая свекла - 600 г; многолетние злаковые травы - 400 г; для картофеля - 2500 г.

Экстрасол - создан на основе *Pseudomonas* (различные штаммы), эффективен при выращивании многих сельскохозяйственных культур. В 1 г торфяного препарата содержится не менее 6 млрд. бактериальных клеток, в жидком препарате не менее 10 млрд. в 1 мл. Препарат используется для

предпосевной обработки семян и клубней, используется для пролива почвы до и после высадки рассады, а также для внекорневой подкормки растений. Он хорошо зарекомендовал себя при выращивании картофеля в различных почвенно-климатических зонах. Прибавка урожая клубней в ряде опытов составляет 40-60 ц/га или 20-30%. Наиболее высокий результат от действия препарата наблюдался на хорошо аэрированных почвах с внесением органических удобрений. На бедных песчаных почвах без дополнительного внесения органических удобрений эффективность препарата снижается. Препарат способствует большому поступлению элементов минерального питания в растения, синтезирует ростовые и другие биологически активные вещества и образует соединения, снижающие активность фитопатогенных микроорганизмов. Отмечена хорошая результативность препарата при ранних посадках картофеля даже в холодную почву, особенно для ранних и среднеранних сортов. Экстрасол способствует предотвращению порчи овощей (морковь, картофель, капуста) при хранении. Расход торфяной формы - 3 кг, жидкой - 3 л на гектарную норму посадочного материала картофеля.

Псевдобактерин-2 - жидкий биопрепарат защитного и стимулирующего действия на основе штамма *Pseudomonas* sp. BS 1393. Эффект защитного действия основан на способности данного штамма синтезировать ряд антибиотиков феназинового типа, подавляющих рост фитопатогенных грибов рода *Fusarium*, *Gaeumannomyces*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia*, *Erysiphe*, *Septoria*, а также способных продуцировать сидерофоры, связывающие железо и делающих его недоступным для почвенных патогенов. Применяется для предпосевной обработки семян зерновых (яровых и озимых) пшеницы, ячменя, ржи, овощей в открытом и закрытом (огурцы и томаты) грунте. Отмечена биологическая эффективность против корневых гнилей, мучнистой росы, фитофтороза, парши, ризоктониоза, гелиминтоспориоза, фузариоза, слизистого и сосудистого бактериоза, а также прибавка урожая 20-25% на томатах и огурцах. Псевдобактерин-2 совместим с Хитозаном, что дает возможность объединить технологии их применения и отказаться от паровой и химической стерилизации грунта. Для обработки семян препарат после хранения в холодильнике выдерживается 6-8 часов при температуре +20+25°C, затем разводится водой той же температуры в 100-1000 раз (титр рабочего раствора 10^8). Семена замачиваются в течение 6-8 часов, слегка подсушиваются и высеваются. Для пролива рассады сразу после пикировки или высадки в грунт используют рабочий раствор биопрепарата 10^7 . Псевдобактерин-2 берется из расчета 100 мл с титром 10^{11} на 1 га, разводится при тщательном перемешивании в 10 л воды (маточный раствор), затем разбавляется в 100-200 раз поливочной водой и обрабатывается прикорневая и вегетирующая часть растений. При

совмещении биопрепарата с Хитозаном маточный раствор разводится в 500-1000 раз и обрабатывается прикорневая часть и само растение. Рекомендуется еще одна обработка рабочим раствором Псевдобактерина-2 с титром 10^7 через месяц после высадки растений в грунт, а также при первых признаках перечисленных выше болезней.

Ризоагрин - создан на основе штамма, относящегося к роду *Agrobacterium* (*A. radiobacter*, штамм 204). В 1 г торфяного препарата содержится 5-10 млрд. клеток бактерий. Штамм хорошо приживается в ризосфере пшеницы, риса, ряда кормовых злаков и других сельскохозяйственных растений. Использование препарата позволяет дополнительно получить 3-7 ц/га зерна озимой и яровой пшеницы, озимой ржи 4-8 ц/га, ячменя 3-6 ц/га, риса 4-10 ц/га. Повышается содержание протеина в зерне на 0,5-1,0%. Расход препарата: зерновые - 500 г на гектарную норму семян.

Биоплант-К - создан на основе *Klebsiella planticola*. Представляет собой торфяную массу, в 1 г препарата содержится не менее 4-10 млрд. бактерий, влажность препарата 55-60%. Предусмотрен выпуск препарата в жидкой форме. Препарат предназначен для повышения урожайности пшеницы, ячменя, овощных культур (томатов, огурцов, баклажанов, сладкий перец и др.), выращиваемых в открытом и закрытом грунте, а также некоторых кормовых трав. При этом в овощных культурах снижалось содержание нитратов. Благоприятное действие Биопланта-К на растения определяется присутствием в препарате бактерий способных фиксировать атмосферный азот, синтезировать витамины и ростовые вещества. Применение препарата обеспечивает повышение урожайности зерна пшеницы и ячменя на 4-6 ц/га, томатов на 15-20%, огурца на 20-25%. Биоплант-К применяют, главным образом, для предпосевной обработки семенного материала. На гектарную норму увлажненных (2,0-2,5% воды от исходного веса) семян наносится и тщательно перемешивается 600-900 г препарата. При использовании препарата при выращивании овощных культур инокулируют семена, а при пикировке рассады погружают на 1-2 мин корни рассады в суспензию (болтушка из 200 г препарата в 1 л воды).

Обработка семян проводится в день посева или небольшими партиями непосредственно перед посевом. Обработанные биопрепаратом семена следует беречь от прямых солнечных лучей и перегрева. Высев производится во влажную почву. Предпосевная обработка семян препаратом выполняется вручную или механизированным способом.

Ручная инокуляция семян выполняется следующим образом: на брезент насыпают предварительно увлажненные отстоявшейся водой или раствором прилипателя (2-3% раствор патоки, латекса или натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы, молочный обрат, из расчета 1,5-2,0% по отношению к массе семян). Семена и тщательно перемешивают с необходи-

мым количеством препарата (для мелкосемянных бобовых культур - 250-300 г; для крупносемянных бобовых культур - 350-400 г; для зерновых кормовых и овощных культур - 400-500 г). При обработке посевного материала картофеля его опрыскивают суспензией биопрепарата из расчета 3 кг на 30 л воды на гектарную норму клубней. В случае пикировки растений (томат, огурец, рис) корневую систему обрабатывают путем обмакивания на 1-2 мин в суспензию препарата (из расчета 500 г на 5-6 л отстоявшейся водопроводной воды) перед высадкой в грунт. Возможно нанесение препарата на вегетирующие растения. Рабочую смесь биопрепарата тщательно размешивают в воде до разрушения комочков торфа, процеживают и затем обрабатывают растения с помощью опрыскивателя. При обработке мелких семян (проса и других) рабочую смесь необходимо отфильтровать через марлю или сетку. Обработанные семена затаривают в мешки и вывозят в поле для посева. Все операции по инокуляции проводят в помещении или в тени.

Механизированная обработка семян биопрепаратом осуществляется машинами для протравливания семян по технологии аналогичной протравливанию. Для этого пригодны ПСШ-3, ПС-10 и другие. Перед работой машины необходимо тщательно очистить от ядохимикатов, промыть и обезвредить согласно санитарным нормам. При обработке семян используют шнековый погрузчик и ленточный транспортер. С этой целью в начале транспортера устанавливают емкость с раствором биопрепарата и через лейку обрабатывают семена.

Для лучшей удерживаемости™ биопрепарата на поверхности семян можно использовать прилипатель. Применяют следующие водные концентрации препаратов: 7-12% раствор сульфитно-спиртовой барды; 1-1,5% раствор казеина технического; 2-3% раствор латекса или патоки; 2-2,5% раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы технической (натрий КМЦ); снятое молоко (обрат) используют без разбавления. На практике этот процесс осуществляется следующим образом: в 10-ти литровую емкость (ведро) помещают необходимое количество одного из имеющихся прилипателей, доводят водой до объема 10 л. Доза прилипателя 1,5-2% от массы семян.

Борьбу с сорняками в посевах злаковых культур проводят с помощью комплекса агротехнических и химических мероприятий. Необходимо учитывать, что применение пестицидов следует ограничить, так как они в той или иной степени угнетают деятельность микроорганизмов. Для уменьшения отрицательного влияния гербицидов их следует вносить в почву за 7-10 дней до посева.

При инокуляции здорового посевного материала можно отказаться от протравливания семян. Если протравливание необходимо то для этого ис-

пользуют ТМТД или фентиурам, проводят его не позднее 30 дней до посева семян с использованием не более 3 кг/га фунгицида. Семена, протравленные фундазолом, фитолавином, инокулируют не раньше 10-15 дней после протравливания. Протравленные формалином семена обрабатывают биопрепаратом сразу после этого.

1.2. Биологическая фиксация азота в сельскохозяйственных биоценозах

В естественных биоценозах биологической фиксации атмосферного азота принадлежит исключительная роль в снабжении растений азотом, которая по значимости вполне равноценна процессам фотосинтеза [Брей, 1986, Шумный и др., 1991]. Д.Н.Прянишников (1962) сравнивая значение технического и биологического источников азота в питании растений, считал, что они взаимно дополняют друг друга. Вклад биологической азотфиксации в сельское хозяйство достаточно высок и по данным ФАО примерно в двое превосходит вклад химических азотных удобрений, а в ежегодном потоке азота на земной суше почти в три раза больше, чем вклад азота минеральных удобрений, а на долю фиксированного ассоциативными и свободноживущими микроорганизмами приходится 30% от общего количества биологического азота [Трепачев, 1999, Paul, 1988]. Связывание молекулярного азота осуществляется прокариотными микроорганизмами: бактериями, цианобактериями и актиномицетами. Азотфиксирующие микроорганизмы разделяются по принципу взаимодействия с растениями на симбиотические, ассоциативные и свободноживущие.

Согласно современным представлениям ассоциативные diaзотрофы - это микроорганизмы, образующие экзоризосферные ассоциации на корнях небобовых растений [Базилинская, 1985, Умаров, 1986, Потыка и др., 1997, Окоп, 1985]. Установлено [Берестецкий и др., 1986, Васюк, 1985, Умаров и др., 1990, Бурлацкая и др., 1991], что азотфиксаторы способны активно размножаться в ризосфере производственных культур, таких как рис, пшеница, ячмень, кукуруза, просо, сорго, рапс, многолетние злаковые травы и др.. Формирование азотфиксирующих растительно-микробных ассоциаций определяется взаимодействиями между растениями, микробными популяциями и факторами среды [Родынюк и др., 1991]. При этом создается целостная система, способная часть энергии фотосинтеза направлять на процесс превращения атмосферного азота в доступные для растений азотистые соединения.

Ассоциативные микроорганизмы увеличивают корневые выделения растений и биомассу корней, их поглощающую поверхность и стимулируют поступление в корни NO_3^- , $H_2PO_4^-$ и K^+ [Лукин и др., 1987,

Saidel, 1987, Кожемяков, Хотянович, 1997, Наумов и др., 1997, Волкогон, 1997]. Микроорганизмы способны продуцировать физиологически активные вещества (ауксин, гиббереллин, цитокинин); увеличивать растворимость почвенных фосфатов, ингибировать развитие патогенной микрофлоры через выделение антибиотиков; стимулировать прорастание семян, увеличивать их всхожесть и др. [Кравченко, 2000, Гарагуля и др., 1988, Чеботарь, 1989, Бурлацкая и др., 1991, Кожемяков, Хотянович, 1997, Шабаев, 2004],

Фиксация азота атмосферы один из наиболее энергоемких процессов в биоценозе [Брей, 1986]. Для его осуществления требуются два условия: постоянный приток энергии и источник электронов, необходимых для функционирования нитрогеназного комплекса. Источником АТФ и электронов является фотосинтез у фототрофов, а у анаэробов - дыхание. Процесс азотфиксации зависит от интенсивности и суточной динамики фотосинтеза [Брей, 1986, Садыков, 1989], поскольку продукты фотосинтеза являются субстратом для микроорганизмов. Изменения интенсивности фотосинтеза в течение онтогенеза растений также является причиной колебаний величины азотфиксации на протяжении вегетационного периода [Садыков, 1989].

Для регулирования азотфиксации в агробиоценозе необходимо знание особенностей взаимодействия растений с diaзотрофом. На первом плане стоят генотипические свойства растений [Гамзикова, 1994, Галан, 1997], обеспечивающие такие физиологические параметры, которые способствуют взаимодействию с микроорганизмами. Эти свойства растений названы *nis*-признаком [Rennie, 1981]. Он имеет сложную полигенную структуру и который можно представить в виде многоступенчатого процесса образования и функционирования ассоциации растение - diaзотроф [Емцев, Чумаков, 1990].

Наиболее интенсивно этот признак проявляется у растений, характеризующихся C-4 циклом фотосинтеза [Day, Dart, 1972] (кукуруза, сорго и др.). Первичный продукт фотосинтеза малат [Макроносов, Гавриленко, 1992], поступаая с корневыми выделениями в ризосферу, используется ассоциативными микроорганизмами. C-3 растения (пшеница, ячмень, овес, озимая рожь), процесс фотосинтеза у которых происходит менее интенсивно, обладают меньшей активностью нитрогеназы в ризосфере. Поскольку *nis*-признак у C-3 растений проявляется меньше, поэтому необходимо выявление генотипов (сортов) с повышенным потенциалом азотфиксации. У ведущей сельскохозяйственной культуры - мягкой пшеницы выявлена высокая вариабельность *nis*-признака. Целенаправленной селекции мягкой пшеницы по этому признаку не велось, а повышение

отзывчивости сортов на азотные удобрения привела не только к ослаблению, но и даже к потере *nis*-способности современных сортов [Rennie, 1981]. Способность старых сортов к ассоциации с diaзотрофами значительно выше, чем современных. Это может быть связано с появлением пшениц с гексаплоидным геномом, в котором сочетание генов **ABD** дало наиболее оптимальный вариант по продуктивности и качеству зерна, но снизило проявление *nis*-признака. Для мягкой пшеницы характерна вариабельность нитрогеназной активности в ризосфере, которая может достигать двух-трехкратных различий у отдельных сортов [Watanabe et.al., 1980]. Этот факт, вероятно, является причиной получения противоречивых данных различными исследователями о размерах азотфиксации в посевах зерновых культур. Нитрогеназная активность в ризосфере диких и культурных диплоидов имеет более высокий уровень [Родынюк, 1985]. Эти виды обладают высокой интенсивностью фотосинтеза и содержат повышенное количество азота в биомассе. Корневые системы этих пшениц отличаются повышенной удельной активностью ферментов азотного обмена. Выполняя более емкую нагрузку по ассимиляции азота, чем корни полиплоидов, корни одногеномных пшениц и эгилопсов требуют более мощного притока углеводов. В свою очередь, более мощный низходящий поток фотоассимилятов позволяет использовать какую-то его часть через корневые выделения на нужды ассоциативной азотфиксации. Этим объясняется повышенная ассоциативная азотфиксация у диплоидных пшениц [Лимарь, Матвиенко, 1980, Гамзикова, 1994].

Донором высокой нитрогеназной активности в ризосфере пшеницы является геном **A**, происходящий из *Triticum urartu*, наименьшей геном **D**. С первым геномом связывают повышение белковости зерна пшеницы, со вторым - его понижение. В этой связи, у полиплоидных пшениц, в частности у мягкой, с геномом **ABD** наблюдается средняя активность нитрогеназы и среднее содержание белка в зерне.

Танцовой О.И. и Черемисовым Б.М.(1992) в результате оценки 112 образцов ярового ячменя, 33 образцов озимых и 67 образцов яровых тритикале выделено соответственно 13, 3 и 8 генотипов, имеющих высокие показатели азотфиксации, установленных методом ацетиленредукции в модификации М.М.Умарова (1986), что открывает возможности для селекции на улучшение азотфиксирующей способности зерновых культур.

Способом повышения вклада биологического азота в урожай является поиск и применение в качестве основы биоудобрений штаммов микроорганизмов, обладающих повышенной способностью к ассоциации

с культурными растениями и интенсивной азотфиксации [Jain, Patriguin, 1984]. Во ВНИИСХМ в различных почвенно-климатических условиях установлено [Кожемяков, Хотянович, 1997], что при использовании биопрепаратов урожай зерновых культур повышался в среднем от 10% (овес) до 35% (сорго). Наибольшая эффективность на озимой и яровой пшенице, овсе и рисе получена от препарата ризоагрин, на кукурузе, и озимой ржи - флавобактерина, на ячмене, просо и гречихе - азорина, на сорго, подсолнечнике и рапсе от препарата мизорин. На картофеле, сахарной свекле, томатах и моркови использование флавобактерина повышало урожайность на 20-30%.

Для того, чтобы применение биопрепаратов было эффективным, необходимо: создание оптимальных условий в почве для интенсивного размножения diaзотрофов в ризосфере растений; улучшение снабжения ризосферной популяции субстратами-продуктами фотосинтеза. При этом имеет значение не только интенсивность фотосинтеза, но и скорость транспорта и выделения фотосинтантов из корней.

Активность ассоциативной азотфиксации зависит от комплекса факторов, в котором растению принадлежит ведущая роль. Но и такие абиотические факторы среды, как почва, атмосфера влияют не только на растений, но и на микроорганизмы в ризосфере. Показано, что погодные условия существенно воздействуют на интенсивность азотфиксации, при достижении влажности почвы 60-70% от полной влагоемкости азотфиксация возрастает до максимума [Чундерова и др., 1974, Ягодина и др., 1979]. Температурный фактор в течение летнего периода вегетации не играет такой существенной роли, как влагообеспеченность почвы, так как температура верхнего слоя колеблется не так значительно, чтобы повлиять на интенсивность ассоциативной азотфиксации в ризосфере. Лимитирующим фактором становится температура почвы ниже 7°C. В филосфере азотфиксация в большей степени зависит от изменений температуры воздуха: при значениях ниже 20°C она значительно ослабевает.

Ассоциативная азотфиксация может зависеть и от содержания CO₂ в филосфере, поскольку повышение содержание углекислоты в воздухе стимулирует активность симбиотической азотфиксации и увеличивает продуктивность бобовых культур [Havelka, Hardy, 1976]. Связано это с улучшением процессов фотосинтеза растений за счет увеличения концентрации углекислого газа [Пухальская, 1997], что в свою очередь может привести к увеличению масштабов ассоциативной азотфиксации. Регулирование концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы путем внесения навоза, компостов и других растительных остатков может способствовать повышению роли биологического азота в

формировании урожая. Наряду с органическими удобрениями, известкование почвы активизирует азотфиксацию [Емцев и др., 1978, Ницеидр., 1994].

С использованием стабильного изотопа ^{15}N показано о преимущественной роли почвенного азота в формировании урожая зерновых культур [Кореньков, 1976, Гамзиков и др., 1985, Ефимов, Осипов, 1991]. Даже при внесении высоких доз азотных удобрений доля почвенного азота в питании растений не снижается, при этом в почвах с высокой биологической активностью она выше, чем в биологически малоактивных почвах [Сапожников, 1980]. Можно допустить, что минерализация азота почвы в какой то степени зависит от условий роста растений (внесение удобрений, защита от вредителей и болезней, сортовые особенности и другие элементы технологии), чем выше их продуктивность, тем выше потребление почвенного азота. Считается, что единственным источником дополнительного "экстра"- азота, поступающего в растения, при использовании азотных удобрений, является органическое вещество почвы. Вместе с тем, многочисленные исследования показывают, что, несмотря на значительный вынос азота с урожаями, газообразные потери и потери с нисходящим током воды, заметного снижения содержания азота в почве не происходит. Даже в условиях монокультуры зерновых и других небобовых культур, не удобрявшихся азотом в течение 60-135 лет, содержание азота в почве сохраняется относительно постоянным [Мишустин и др., 1979, Day, Dart, 1979, Broadbent, 1965]. По мнению Умарова М.М.(1986) и Садыкова Б.Ф.(1989) высокое содержание азота почвы в составе растений, которые удобрялись азотом, а также незначительные потери его из органического вещества почвы при длительном выращивании небобовых культур без внесения азотных удобрений приводят к выводу о ведущей роли "биологического" азота в формировании урожая. По расчетам IGRISAT (1986) за счет ассоциативной азотфиксации можно сэкономить под зерновые культуры 1/3 рекомендованных доз минерального азота удобрений.

В зависимости от региона, типа почвы, вида агробиоценоза, метода определения размеры поступления несимбиотического азота составляют от 23 до 107 кг/га [Шатилов, и др., 1977, Мишустин, Черепков, 1979, Кудеяров, Кузнецова, 1990, Шумный и др., 1991, Smith et al., 1976, Jenkinson et al., 1986]. Предпосевная обработка семян диазотрофными препаратами способствует получению такого же урожая зерна, как внесение 20-60 кг/га азота минеральных удобрений [Чеботарь, Малиновский, 1989, Корягина и др., 1990, Бурлацкая и др., 1991, Патыка, 1997, Zawalin et al., 1995].

В результате лучшей обеспеченности растений азотом, в зерне накапливается больше белка [Павлов, 1984], это происходит также за счет перераспределения азота между вегетативными и генеративными органами, способствующее повышению оттока азота в зерно [Кандаурова, 1997]. С изотопом ^{15}N показано, что благодаря инокуляции семян диазотрофами на 15-25% возрастает поступление в растения азота удобрений [Белимов, Кожемяков, 1992].

Использование для инокуляции семян смеси нескольких азотфиксирующих микроорганизмов, отличающихся повышенной активностью азотфиксации, высокой устойчивостью к факторам внешней среды и к конкуренции со стороны других микроорганизмов, удается достичь более высоких значений азотфиксирующей активности в ризосфере и филосфере растений по сравнению с чистыми культурами [Tyler et al., 1979, Кожемяков, Хотянович, 1997].

Одним из факторов внешней среды, оказывающим сильное влияние на ассоциативную азотфиксацию, являются азотные минеральные удобрения [Волкогон, 1997]. Распространено мнение, что минеральный азот тормозит этот процесс [Умаров, 1986]. По мнению других ученых [Мишустин, 1983 \ Watanabe et al., 1980] только высокие их дозы (100-150 кг/га) могут кратковременно подавлять азотфиксацию. По другим данным, на фоне азотных удобрений азотфиксация на 30-45% выше, чем без них [Кудяров, Кузнецова, 1990, Jenkinson et al., 1986]. Вероятно, связано это с лучшим развитием растений при внесении удобрений, продукты жизнедеятельности которых являются субстратом для микроорганизмов. Неслучайно, наиболее эффективно сочетание приема инокуляции семян с внесением небольших доз азотных удобрений [Габибов, 1997, Ваулин, Никулина, 1997, Зинковская, Павлючик, 1997, Пасынков, 1997].

Имеются сведения, что одни и те же виды микроорганизмов могут осуществлять диаметрально противоположные процессы - азотфиксацию и денитрификацию [Веденина, Лебединский, 1984]. Отдельные штаммы ризобактерий при высокой концентрации нитратного азота в почве осуществляет только денитрификацию, при понижении ее они переходят к азотфиксации [Nelson, Knowles, 1978], поскольку ферменты бактерий, осуществляющие процессы азотфиксации и денитрификации, имеют ряд схожих характеристик [Львов, 1982].

Следовательно, для того, чтобы применять биопрепараты в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур необходимо определить действие препаратов на рост и развитие растений, величину урожая и качество растениеводческой продукции, размеры вовлечения до-

полнительного количества азота в агроценоз в зависимости от уровня плодородия почвы, погодных условий вегетационного периода.

1.3. Взаимодействие растений с ассоциативными ризобактериями

Процесс образования азотфиксирующей ассоциации в ризосфере можно схематично изобразить в следующем виде (рис. 1.1).

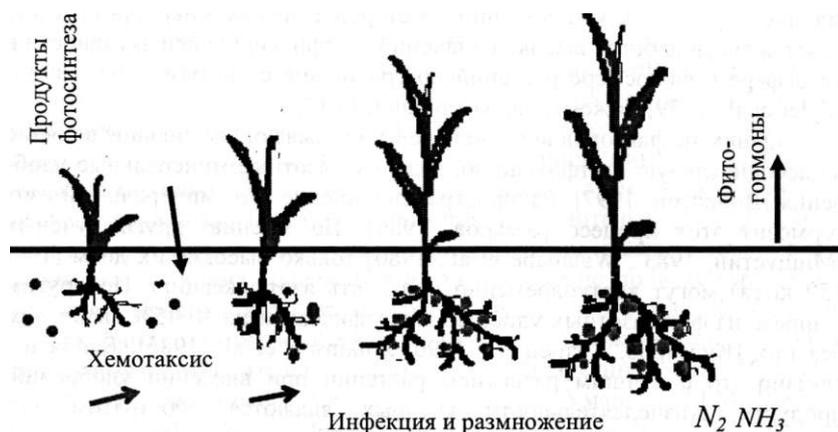


Рисунок 1.1. Процесс образования азотфиксирующей ассоциации в ризосфере

Условия внешней среды оказывают существенное воздействие на состав в прикорневой зоне микробных сообществ. Возможно, что специфичность реакции различных сортов и видов растений на бактеризацию обусловлена различиями в способности растений сохранять или терять ассоциативные связи с бактериями в зависимости от условий их возделывания [Родынюк, 1991].

Известно, что влажность почвы является одним из важнейших условий активного функционирования азотфиксирующей микрофлоры [Умаров, 1986]. При оптимальной влажности создаются необходимые условия для интенсивного фотосинтеза и высокого уровня экскреции корневых выделений, что способствует поддержанию активного физиологического

состояния и высокой численности ризосферных микроорганизмов [Садыков, 1980]. Большинство данных указывает на то, что температура почвы, по крайней мере в зоне умеренного климата, в меньшей степени, чем влажность, влияет на активность и численность азотфиксирующей микрофлоры [Садыков, 1980; Кунакова, 1998].

Согласно опубликованным данным [Тимофеева и др., 1999], оптимальная влажность для приживаемости бактерий в почве составляет 60% полной полевой влагоемкости (ППВ). Отмечалось, что *Arthrobacter mysorens* 7 и *Azospirillum lipoferum* 137 сохраняли высокую численность в почве как при 60-ти, так и при 30% влажности. Избыточное увлажнение негативно воздействовало на численность интродуцируемых бактерий. Снижение окультуренности почвы усиливало негативное влияние экстремальной влажности на их приживаемость.

Ницэ Л.К. (1995) было показано, что при оптимальной для процесса азотфиксации влажности почвы (выше 60% от ППВ) решающую роль приобретает температура. При оптимальных значениях температуры (+20° - +30°С) главным фактором является влажность почвы, и ее падение ниже 60% полной влагоемкости вызывает сильную депрессию азотфиксации в почве.

В то же время, в ходе экспериментов [Белимов и др., 1994] была обнаружена способность штамма *Azospirillum lipoferum* 137 активно колонизировать корни в условиях дефицита почвенной влаги и не реагировать на повышение температуры среды, так как для развития бактерий этого рода благоприятными являются регионы с теплым климатом и высокой влажностью почвы [Watanabe, 1981].

Результаты проведенных экспериментов [Белимов и др., 1994] достаточно убедительно показали, что выживаемость интродуцированных diaзотрофов была значительно лучше при недостаточном увлажнении почвы. Именно в этих условиях инокуляция оказывала максимальное положительное воздействие на продуктивность растений.

Таким образом, оптимальная влажность почвы не является необходимым условием для интенсивной колонизации ризопланы и эффективного взаимодействия интродуцированных бактерий с растениями. Возможно, что высокая численность diaзотрофов в экстремальных условиях является одним из адаптивных механизмов растений. В частности, известно, что у растений существенно меняются количество и качественный состав корневых выделений при нарушении условий их культивирования [Мешков, 1971].

При дефиците влаги в почве происходит также снижение активности всего микробного сообщества прикорневой зоны. Вероятно, конкуренция между интродуцируемым штаммом и аборигенной микрофлорой в этих

условиях ослабевает, что способствует лучшей приживаемости diaзотрофов.

Высокая эффективность инокуляции может проявляться при неблагоприятных для растения условиях температуры и влажности почвы. Это указывает на то, что бактериализация может повышать адаптацию растений к экстремальным условиям внешней среды. Многими исследователями доказана способность diaзотрофов продуцировать витамины и фитогормоны, которые могут повышать устойчивость растений к засухе [Кыдрев, 1966; Olubayi et al., 1992].

Ряд исследователей [Лихолат, 1993; Bergman, 1989] отмечают протекторный эффект бактерий на растения в условиях водного стресса. Положительная роль бактерий в устойчивости растений к водному стрессу заключается в том, что более развитые растительные организмы лучше противостоят любым неблагоприятным воздействиям. Инокулированные растения имеют, как правило, более развитую корневую систему, способную поглощать воду из глубоких слоев почвы, что особенно важно в условиях дефицита влаги [Воробейков, 1998].

Исследованиями ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии установлено, что все штаммы ризобактерий способны активно колонизировать ризоплану различных растений (ячмень, пшеница, рис, овес, райграс). Выживаемость штаммов diaзотрофов сохраняется в почве при оптимальной влажности и pH, существенного влияния на выживаемость бактерий не влияет, так же как и влажность почвы не влияет на численность бактерий в нейтральной почве. Температура почвы не оказала существенного влияния на численность ассоциативных бактерий в ризоплане ячменя, однако, эффективность инокуляции зависела от температуры почвы [Кулакова, 1998]. Влажность почвы оказывает большее влияние, чем температура на приживаемость интродуцированных diaзотрофов на корнях ячменя. Так, численность популяции микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов была в 10-20 раз выше при недостаточном увлажнении почвы (30% от ППВ) по сравнению с оптимальным режимом (60% от ППВ) и в условиях избытка почвенной влаги (90% от ППВ). Положительное влияние на продуктивность ячменя инокуляция оказала только в условиях дефицита почвенной влаги. Эффективность действия бактерий снижалась с увеличением влажности почвы. Известно, что в стрессовых ситуациях в вегетативных органах растений накапливается свободный пролин, который является фактором контроля стрессовых реакций растений [Шевелуха, 1992]. В нормальных условиях содержание аминокислоты пролина в растениях низкое, однако, оно резко повышается при действии на растение стрессовых факторов - засуха, засоление, низкое pH. Исследования ВНИИСХМ показали, что корневые diaзотрофы способны снижать

содержание свободного пролина в растениях в условиях нарастающей засухи [Белимов и др., 1995].

Другим показателем устойчивости растений к неблагоприятным условиям является содержание хлорофилла «а» и «в» в листьях растений. Соотношение хлорофилла «а» к хлорофиллу «в» характеризует стабильность фотосинтетической системы, а уменьшение этого показателя и снижение общего содержания хлорофилла свидетельствуют о нарушении фотосинтетической деятельности растений. Инокуляция корневыми дiazотрофами стимулирует фотосинтетическую деятельность растений, за счет увеличения содержания физиологически активного хлорофилла «а». В условиях нарастающей засухи происходит нарушение процесса фотосинтеза, в то же время, инокуляция биопрепаратами восстанавливает фотосинтетическую деятельность растений [Belimov et al., 1995, Кунакова, 1998]

Другим фактором среды, влияющим на рост растений, а также на активность почвенных микроорганизмов, является концентрация водородных ионов в почвенном растворе. Установлено, что *in vitro* изучаемые штаммы ассоциативных бактерий устойчивы к низким значениям pH и высоким концентрациям алюминия. При интродукции в почву все ассоциативные бактерии активно колонизировали ризоплану ячменя сорта Целинный-5 как в кислой, так и нейтральной почве. Максимальный эффект от инокуляции получен при выращивании растений на кислой почве. Наиболее эффективны были биопрепараты, которые в условиях стресса давали наибольшую прибавку урожая зерна.

Показано, что с увеличением кислотности почвы в корнях ячменя происходит накопление свободного пролина. В то же время, инокуляция достоверно снижала содержание аминокислоты пролина в корнях. Возможно, микроорганизмы активизируют адаптацию растений к кислой среде за счет продуцирования биологически активных веществ, улучшая азотное и фосфорное питание [Кравченко, 2000]. Известно также, что азоспириллы имеют способность усиливать выброс протонов через мембрану корней и стабилизировать кислотность среды в ризосфере пшеницы за счет продуцирования биологически активных веществ [Bachan, 1990].

Ризосферные бактерии продуцируют индолин-уксусную кислоту, с которой связывают стимуляцию роста растений. Максимум секреции ИУК бактериями рода *Pseudomonas* в процессе выращивания совпадает с периодом активного роста, что, вероятно, имеет важную роль в стрессовых ситуациях. Инокуляция п^еудол^аши_ приводит к усилению в растениях физиологических процессов (фотосинтеза, ферментов азотного обмена, синтеза белковых соединений и секреции фенольных соединений корневой системой) [Шабаев, 2004].

1.4. Влияние биопрепаратов на всхожесть семян и биомассу растений

Исследования физиологии роста и развития растений показано, что воздействие на семена бактерий препаратами вызывает последствие на продуктивность растений [Шабаев, 2004]. Это объясняется тем, что биохимические процессы, протекающие в фазу прорастания семян, влияют на интенсивность обмена веществ на всех последующих стадиях морфогенеза растений.

Инокуляция семян зерновых культур ризосферными diaзотрофами способна увеличивать биомассу корней, повышать поступление в корневую систему элементов питания и стимулировать прорастание семян вследствие продуцирования физиологически активных веществ типа витаминов, ауксинов, гиббереллинов, и ингибирования развития патогенной микрофлоры [Лукин и др., 1987, Кожемяков, Хотянович, 1997, Волкогон, 1997, Vassyuk et al., 1995, Кожемяков, Тихонович, 1998, Макаров, 2002].

По общепринятому мнению, мощность корневой системы имеет большое значение в определении генотипической и сортовой отзывчивости растений на условия минерального питания [Климашевский, 1991]. Поэтому представляет интерес поиск возможности идентификации генотипов по фенотипическим признакам в ранний период жизни растений [Драгавцев и др., 1983], что позволяет проводить раннюю диагностику отзывчивости растений на условия питания [Герцуский, 1990].

Исходя из этой предпосылки, проведена оценка инокуляции препаратами ризосферных diaзотрофов ризоагрин - на основе бактерий *Agrobacterium radiobacter*, флавобактерин (*Flavobacterium sp.*) и биоплант (*Klebsiella mobilis*) на первых этапах онтогенеза сортов ячменя (*Hordeum vulgare L.*), различающихся по ряду признаков. Винер - сорт стародавней селекции, районирован с 1929 г., среднеспелый, разновидность нутанс. Сорт Луч относится к интенсивному типу, позднеспелый, короткостебельный, отличается повышенной кустистостью и большим количеством узловых корней, разновидность нутанс. К той же разновидности относится скороспелый сорт Андрей, высокоурожайный, устойчив к корневым гнилям. Сорт Риск характеризуется быстрым стартовым ростом, короткостебельный, высокопродуктивный, разновидность нутанс. Этот сорт имеет повышенную активность азотфиксации в ризосфере [Танцова, Черемисинов, 1993]. К разновидности паллидум относится сорт Добрый, интенсивного типа, обладает развитой корневой системой, устойчив к полеганию, среднеспелый.

Оценивая экспериментальные данные (табл. 1.1), следует отметить, что всхожесть семян ячменя определялась сортовыми особенностями.

Минимальной всхожестью в опыте характеризовался сорт Винер. Инокуляция семян этого сорта ризоагрином способствовала увеличению всхожести, действие других препаратов было неэффективно. На интенсивных сортах как старой (Луч), так и новой селекции (Андрей) инокулянты не влияли на этот показатель.

Инокуляция ризоагрином сортов Риск и Добрый способствовала увеличению всхожести семян, а от использования биопланта у последнего сорта этот показатель достоверно снижался.

Следовательно, всхожесть семян ячменя при инокуляции ризосферными diaзотрофами зависит от генотипических особенностей сортов и вида применяемого для инокуляции микроорганизма. Использование для инокуляции ризоагрина увеличивает всхожесть семян старого сорта Винер, а также новых сортов (Риск и Добрый).

Наряду со всхожестью семян, инокуляции ячменя положительно действовала на развитие листовой массы растений, при этом также выявлены сортовые особенности. Инокуляция семян сорта Луч, относящему к интенсивному типу, не влияла на нарастание массы листьев. Однако, на сортах стародавней селекции (Винер), а также более поздних Андрей и Риск ризоагрин способствовал более интенсивному нарастанию листьев растений. Вместе с тем, инокуляция биоплантом способствовала более интенсивному нарастанию массы листьев сорта Добрый и, наоборот, тормозила этот процесс у сорта Андрей. Полученные результаты, свидетельствуют о том, что реакция растений по формированию ассимиляционной поверхности зависит от сортовых особенностей растения и генотипа микроорганизма, используемого для инокуляции.

Наиболее толерантными в этом случае являются сорта Винер, Андрей и Риск, инокуляция семян этих сортов препаратом ризоагрин способствует формированию более мощной листовой поверхности. Та же закономерность отмечена при инокуляции биоплантом сорта Добрый.

Известно, что существует связь величины продуктивности растений с массой корневой системы [Драгавцев и др., 1998, Герцуский, 1990]. В контролируемых условиях фитотрона установлено, что масса корней ячменя без инокуляции определялась сортовыми особенностями растений. Максимальной она была у сортов Винер и Андрей. При инокуляции ризоагрином масса корней у сорта Винер существенно возрастала, а от флавобактерина она ингибировалась. Инокуляция семян сорта Луч всеми препаратами способствовала увеличению массы корней, что связано с его способностью образовывать большое количество узловых корней. У сорта Андрей наоборот, биоплант снижал формирование корневой массы растений. Сорт Риск, характеризующийся быстрым ростом в начале вегетации, положительно реагировал только на инокуляцию биоплантом, этот же пре-

парат и ризоагрин способствовали образованию большей корневой массы у сорта Добрый.

Следовательно, инокулянты положительно действуют на образование корней у сортов стародавней и новой селекции, при этом, как правило, достоверно увеличивается масса корней от ризоагрина и биопланта.

Оценка инокуляции по интегральному показателю - формированию биомассы растений (листья+корни), несколько отличалась от влияния на отдельные составляющие (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Влияние инокуляции на растения ячменя в начальный период вегетации, среднее по двум модельным опытам

Сорт (а)	Инокуляция (в)				Р,%	НСРа	НСРв
	контроль	ризоагрин	флавобактерин	биоплант			
Всхожесть семян, %							
Винер	74	82	80	80			
Луч	84	86	89	86			
Андрей	82	79	83	83			
Риск	88	96	91	81			
Добрый	86	94	86	68	7,6	9	8
масса листьев, г/10 растений							
Винер	0,13	0,17	0,14	0,14			
Луч	0,12	0,12	0,11	0,12			
Андрей	0,15	0,19	0,14	0,13			
Риск	0,14	0,16	0,13	0,13			
Добрый	0,14	0,15	0,13	0,16	8,9	0,02	0,02
масса корней, г/10 растений							
Винер	0,14	0,17	0,11	0,13			
Луч	0,09	0,11	0,16	0,14			
Андрей	0,14	0,15	0,13	0,10			
Риск	0,12	0,12	0,12	0,15			
Добрый	0,11	0,13	0,11	0,15	8,8	0,03	0,02
Биомасса (листья+корни), г/10 растений							
Винер	0,27	0,28	0,25	0,27			
Луч	0,21	0,23	0,28	0,28			
Андрей	0,29	0,34	0,27	0,23			
Риск	0,26	0,28	0,25	0,28			
Добрый	0,25	0,28	0,24	0,31	8,2	0,03	0,03

У экстенсивного сорта Винер ни один из изучаемых инокулянтов не оказал положительного влияния на формирование биомассы. У интенсивного сорта Луч инокуляция флавобактерином и биоплантом достоверно повышала массу растений. Препарат ризоагрин положительно влиял на

образование биомассы растений сортов Андрей, Риск и Добрый. Инокуляция биоплантом семян сортов Луч, Риск и Добрый также обеспечивала увеличение массы растений, хотя у сорта Андрей, наоборот, этот препарат оказывали ингибирующее действие.

Таким образом, нарастание биомассы растений определяется штаммом используемого биопрепарата и сортовыми особенностями ячменя. Сорта новой селекции (Андрей, Риск и Добрый) при инокуляции семян ризоагрином достоверно увеличивают биомассу растений, сорт Луч положительно отзывается на биопрепараты флавобактерин и биоплант. На последний препарат положительно реагировали Луч, Риск и Добрый, хотя сорт Андрей, наоборот, снижал биомассу.

Итак, биопрепараты могут воздействовать на всхожесть семян, при этом характер их влияния определяется видом препарата, сортом ячменя, а также погодными условиями в период прорастания ячменя [Байрамов, 2001]. Это подтверждается результатами микрополевых опытов по изучению инокуляции на различные сорта ячменя, выращиваемые на светло-серой лесной почве.

Аналогичная сортовая закономерность отзывчивости сортов ячменя получена при улучшении условий азотного питания в результате внесения под ячмень азотного удобрения (табл. 1.2). На фоне с внесением азотного удобрения инокулянты увеличивали всхожесть семян сорта Андрей, не изменяли у сорта Добрый и снижали у сорта Риск.

Таблица 1.2. Влияние инокуляции и азотного питания на всхожесть семян сортов ячменя, %. Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1. РК - фон 1 (Ф1)	80	92	92
2. Ф1 + ризоагрин	90	95	93
3. Ф1 + флавобактерин	90	95	93
4. N30PK - фон 2 (Ф2)	89	94	92
5. Ф2 + ризоагрин	85	96	95
6. Ф2 + флавобактерин	86	93	95
Р, %	с	2,5	
НСР ₀₅ сорт		2,6	
НСР ₀₅ удобрение		2,1	

Накопление массы растений в период вегетации зависело от многих факторов, среди которых особое значение принадлежало условиям минерального питания, погодным условиям, сортовым особенностям культуры. Первые два фактора широко освещены в литературе, немного данных по

зависимости от сорта и значительно меньше данных о роли инокуляции в накоплении биомассы растений в зависимости от сорта.

В фазу кущения минимальное количество биомассы растения накапливали при недостатке атмосферных осадков в условиях. Выявлены также и сортовые особенности ячменя. В среднем, за 3 года проведения опыта установлено (табл. 1.3), что на РК-фоне масса растений ячменя мало изменялась в зависимости от сорта, хотя у сорта Андрей она сформировалась к этой фазе несколько меньше, чем у других. Инокуляция ризоагрином семян всех сортов не отразилась на показателе массы растений по сравнению с фоном фосфорно-калийных удобрений, и только инокуляция флавобактерином на этом фоне способствовала ее увеличению.

Таблица 1.3. Влияние инокуляции и азотного питания на массу растений ячменя в фазу кущения, г/м². Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1. РК - фон 1 (Ф1)	43,0	43,5	39,5
2. Ф1 + ризоагрин	43,7	43,0	39,0
3. Ф1 + флавобактерин	47,3	44,7	39,8
4. N30PK- фон 2 (Ф2)	50,7	53,2	45,0
5. Ф2 + ризоагрин	57,3	55,8	51,5
6. Ф2 + флавобактерин	53,0	60,0	45,8

Внесение под ячмень азотного удобрения на всех сортах обеспечило более мощное развитие растений по сравнению с РК-фоном. Использование ризоагрина на сортах Риск и Андрей, а также флавобактерина на сорте Добрый способствовало интенсификации процесса накопления массы растений ячменя по сравнению с вариантом внесения полного минерального удобрения.

В фазу трубкования масса растений ячменя по сравнению с кущением возросла более чем в 5 - 6 раз, значение ее по годам проведения опыта особенно не различалась, хотя и просматривалось воздействие погодных условий. Например, в условиях достаточного количества осадков различия между фонами были менее значимы, тогда как при недостатке осадков в другие годы они были более выражены.

Масса растений в фазу трубкования на фоне РК была равной у сортов Риск и Добрый, а у сорта Андрей - она меньше, что связано с сортовыми особенностями культуры (табл. 1.4). Применение азотного удобрения у всех сортов ячменя обеспечило более интенсивное нарастание биомассы ячменя по сравнению с РК-фоном. В эту фазу масса растений всех сортов ячменя не изменялась от инокуляции семян флавобактерином по

сравнению с РК-фоном и только использование ризоагрина на сорте Добрый вызвало положительный эффект. На фоне с внесением азотного удобрения ризоагрин увеличил массу растений у сорта Андрей.

Таблица 1.4. Масса растений ячменя в фазу трубкования в зависимости от условий минерального питания, г/м². Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1. РК - фон 1 (Ф1)	307	310	258
2. Ф1 + ризоагрин	298	365	247
3. Ф1 + флавобактерин	290	295	257
4. N30PK - фон 2 (Ф2)	337	342	290
5. Ф2 + ризоагрин	302	327	335
6. Ф2 + флавобактерин	305	340	302

В фазу колошения ячменя в значительной степени проявилось воздействие погодных условий на накопление массы растений. В 1998 г. в результате благоприятных погодных условий масса растений в 2 - 3 раза превышала аналогичные показатели, полученные в другие годы. Это связано с тем, что в 1997 и 1999 гг. испытывался дефицит атмосферных осадков при повышенной температуре воздуха. Однако, в большинстве случаев характер изменения массы растений по вариантам опыта был близким, что позволяет рассматривать их обобщенно (табл. 1.5).

Таблица 1.5. Накопление массы растений различными сортами ячменя в фазу колошения, г/м²

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1. РК - фон 1 (Ф1)	578	598	615
2. Ф1 + ризоагрин	722	710	668
3. Ф1 + флавобактерин	725	673	615
4. N30PK - фон 2 (Ф2)	780	758	695
5. Ф2 + ризоагрин	730	770	630
6. Ф2 + флавобактерин	730	740	715

В эту фазу масса растений всех сортов ячменя без внесения азотного удобрения была примерно равной, однако, у сорта Риск она несколько уступала другим сортам. У всех сортов, в результате инокуляции семян ризоагрином, масса растений ячменя по сравнению с РК-фоном увеличилась в 1,25 - 1,20 раза, соответственно, у сортов Риск и Добрый и в 1,09 раз у

сорта Андрей. Флавобактерин изменял этот показатель в 1,25 и 1,13 раз, соответственно, только у первых двух сортов. На фоне с внесением азотного удобрения ни у одного из изучаемых сортов ячменя не отмечено положительного эффекта от инокуляции семян ризоагрином и флавобактерином.

Сортовая реакция растений на инокуляцию биопрепаратами подтверждается результатами микрополевого опыта с яровой пшеницей, проведенном на дерново-подзолистой средне-суглинистой почве в Московской области [Завалин, Виноградова, 2000]. Установлено, что основное влияние на накопление биомассы растений оказывали погодные условия и уровень минерального питания, а также сортовые особенности. Сорт Иргина накапливал большую биомассу, чем Приокская. Увеличение дозы минерального азота почти во всех случаях увеличивало биомассу, хотя и в неодинаковой степени у изучаемых сортов, поскольку Приокская, характеризуется большей отзывчивостью на применение удобрений. Неблагоприятное влияние погодных условий (засуха) в начальные сроки вегетации и в фазе цветения в 1998 г. сказывалось на биомассе обоих сортов в фазы трубкования и, в меньшей степени, цветения. К фазе молочной спелости неблагоприятное воздействие засухи в значительной степени сглаживалось. В 1996 и 1997 годы значения биомассы растений были близкими. Влияние инокуляции диазотрофами на накопление биомассы зависело от фона азотного питания. Флавобактерин положительно воздействовал на этот показатель на фоне РК, а ризоагрин - только на фоне полного минерального удобрения. Эффект от применения диазотрофов был более выражен в фазу цветения, чем в фазу трубкования, поскольку азотфиксация в ризосфере достигает максимума именно в этот период (рис. 1.2).

Таблица 1.6. Доля колоса в общей биомассе, в фазу цветения, %

Вариант	Иргина				Приокская			
	1996г	1997г	1998г	средняя	1996г	1997г	1998г	средняя
1.РК-фон	24,3	27,8	26,9	26,3	26,3	27,9	28,6	27,6
2.РК + РА	27,2	25,6	25,7	26,2	25,6	26,3	27,9	26,6
3.РК +ФБ	25,8	26,4	25,2	25,8	27,0	25,4	26,5	26,3
4.N30PK	23,3	25,1	26,3	26,0	26,8	27,2	27,5	27,2
5.N30PK + РА	24,5	27,3	26,3	24,9	24,4	27,3	28,4	26,7
6.N30PK + ФБ	22,3	24,6	23,9	23,6	24,3	23,0	25,6	24,3
7.N60PK	18,2	25,8	24,1	22,7	25,8	20,1	26,7	24,2
8.N60PK + РА	24,0	26,3	25,2	25,2	26,9	24,3	29,1	26,8
9.N60PK + ФБ	26,2	24,7	27,0	26,0	25,1	23,2	22,5	23,6
10.N90PK	-	23,5	26,2	24,9	24,3	21,5	26,7	24,2

Доля колосьев в биологическом урожае слабо различалась по сортам; у Приокской ее величина несколько снижалась при увеличении дозы минерального азота. Выявлено влияние погодных условий на соотношение колосьев и вегетативных органов: в годы с достаточным увлажнением увеличивалась доля стебля и листьев. Доля колосьев в общей биомассе в фазу цветения практически не зависела от применения инокулянтов (табл. 1.6).

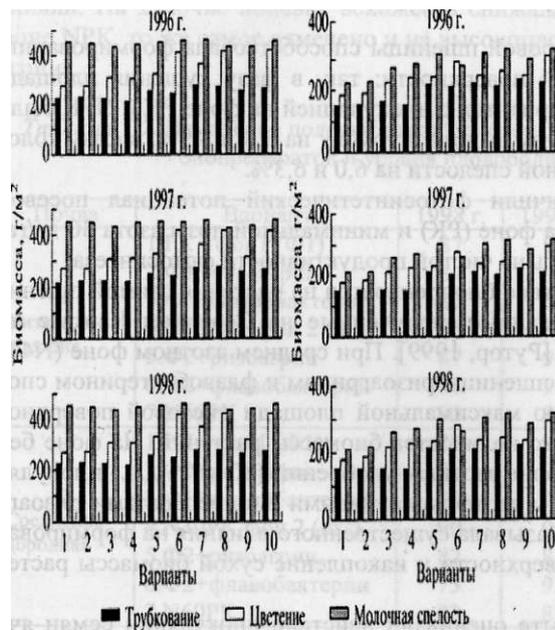


Рисунок 1.2. Влияние инокуляции на накопление биомассы растениями яровой пшеницы.

1 - РК, 2 - РК+ризоагрин, 3 - РК+флавобактерин, 4 - N30РК, 5 - N30ОРК+ризоагрин, 6 - ЮОРК+флавобактерин, 7 - N60РК, 8 - К60ОРК+ризоагрин, 9 - ИБОРК+флавобактерин, 10 - N90РК.

В опыте на светло-серой лесной почве [Ежова, 2001] полевая всхожесть семян яровой пшеницы изменялась как под влиянием инокуляции семян штаммами азотфиксирующих микроорганизмов, так и от доз минеральных удобрений. Внесение минерального азота в дозах 30, 60 и 90 кг/га по фону РК способствовало увеличению числа растений на единице пло-

щади. Максимальная полевая всхожесть семян отмечена в вариантах с инокуляцией семян биопрепаратами. Внесение минерального азота в форме удобрений снижало эффект от инокуляции семян яровой пшеницы культурами азотфиксирующих микроорганизмов. Положительное влияние инокуляции штаммами азотфиксирующих бактерий на всхожесть семян лучше проявилось по фосфорно-калийному фону или при внесении минимальной дозы азота 30 кг/га на фоне РК, в этом случае выживаемость растений повысилась на 9,8 — 15,5%. С повышением дозы азота до 90 кг/га и при инокуляции семян наблюдалась тенденция снижения числа растений на единице площади.

Инокуляция семян яровой пшеницы способствовала формированию большей ассимиляционной поверхности: так, в фазу кущения площадь листовой поверхности в вариантах с инокуляцией на фоне РК и NPK была выше на 19,2 и 14,2%, в фазу выхода в трубку на 3,8 и 8,9%, в фазу колошения 5,7%, в фазу молочной спелости на 6,0 и 6,3%.

Биопрепараты увеличили фотосинтетический потенциал посевов яровой пшеницы только на фоне (РК) и минимальной дозы азота 30 кг/га, что положительно сказалось на чистой продуктивности фотосинтеза.

Положительное действие биопрепаратов на растения озимой пшеницы подтверждают также данные, полученные на Северном Кавказе на выщелоченном черноземе [Рутор, 1999]. При среднем азотном фоне (N40) инокуляция семян озимой пшеницы ризоагрином и флавобактерином способствовала формированию максимальной площади листовой поверхности и накоплению большего количества биомассы растений. На фоне без удобрений и на высоком фоне азотных удобрений (80 кг/га д.в.) инокуляция семян озимой пшеницы азотфиксирующими биопрепаратами ризоагрин и флавобактерин не оказывала существенного влияния на формирование площади листовой поверхности и накопление сухой биомассы растений.

В микрополевом опыте оценивали действие инокуляции семян ячменя в зависимости от плодородия светло-серой лесной почвы. Показано, что полевая всхожесть семян изменялась от 75 до 99% (табл. 1.7). Данные исследований свидетельствуют, что основное воздействие на прорастание семян оказывают случайные факторы в опыте, среди которых, вероятно, значительная роль принадлежит физиологическим параметрам семян, а также погодным условиям. На долю случайных факторов в 1998 г. приходилось 47%, в 1999 г.- 40,1% и 32% в 2000 г. Роль фактора плодородия почвы в условиях оптимальных погодных условий была крайне мала- 3%, при неблагоприятных погодных условиях 1999 и 2000гг. роль уровня плодородия почвы возрастала соответственно до 11 и 29%.

Действие удобрений и инокуляции зависело от погодных условий вегетационного периода. Оно более значимо при оптимальных условиях погоды и снижается при их ухудшении. Во все годы существенна доля влияния взаимодействия фона минерального и уровня плодородия почвы: в 1998 г.- 29%, в 1999 г. 41% и 23% в 2000 г.

При оптимальных погодных условиях 1998 г. полевая всхожесть семян ячменя, практически, не зависела от уровня плодородия почвы и составляла на низкоплодородной почве 88%, на средней - 85% и 87% на высокоплодородной. На 1 почве биопрепараты на всхожесть семян ячменя не влияли. На 2 почве полевая всхожесть снижалась от Флавобактерина на фоне NPK, то же самое отмечено и на высокоплодородной почве для ризоагрина.

Таблица 1.7. Изменение полевой всхожести семян ячменя в зависимости от биопрепаратов и уровня плодородия почвы, %

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средн.
1 Низкопло- дородная	1.РК - фон1 (Ф1)	87	92	87	87
	2.ФИ-ризоагрин	84	97	97	93
	3.Ф1+флавобактерин	87	90	81	86
	4.N30PK - фон 2 (Ф2)	93	97	73	88
	5.Ф2+ризоагрин	87	98	99	95
	6.Ф2+флавобактерин	87	98	91	92
	7.N60PK	93	93	87	91
2 Среднепло- дородная	1.РК - фон1 (Ф1)	92	99	81	91
	2.Ф1+ризоагрин	88	90	84	87
	3.Ф1+флавобактерин	88	99	79	89
	4.№0PK-фон 2 (Ф2)	90	92	77	86
	5.Ф2+ризоагрин	82	88	79	83
	6.Ф2+флавобактерин	75	93	81	83
	7.N60PK	83	87	73	81
3 Высокопло- дородная	1.РК - фон1 (Ф1)	86	94	74	85
	2.Ф1+ризоагрин	84	90	78	84
	3.Ф1+флавобактерин	80	90	73	81
	4.N30PK - фон 2 (Ф2)	96	95	81	91
	5.Ф2+ризоагрин	86	90	77	84
	6.Ф2+флавобактерин	88	89	79	85
	7.N60PK	89	93	79	87
	P,%	3,4	2,3	4,2	
	НСРоз	8,5	6Д	9,6	

Таблица 1.8. Накопление биомассы растений ячменя в фазу кущения, г/сосуд

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средн.
1 Низкопло- дородная	1.ПК - фон 1 (Ф1)	1,81	1,04	1,92	1,59
	2.Ф1+ризоагрин	2,10	1,04	2,00	1,71
	3.Ф1+флавобактерин	2,10	1,00	2,10	1,73
	4.НЗОРК - фон 2 (Ф2)	2,20	1,07	2,30	1,86
	5.Ф2+ризоагрин	2,12	1,35	2,33	1,94
	6.Ф2+флавобактерин	2,25	1,27	2,25	1,92
	7.Н6ОРК	2,38	1,93	2,40	2,24
2 Среднепло- дородная	1.ПК - фон1 (Ф1)	1,98	1,62	2,08	1,89
	2.Ф1+ризоагрин	2,22	1,38	2,35	1,98
	3.Ф1+флавобактерин	1,87	2,00	2,31	2,06
	4.НЗОРК - фон 2 (Ф2)	2,35	1,42	2,58	2,12
	5.Ф2+ризоагрин	2,75	1,58	2,58	2,30
	6.Ф2+флавобактерин	2,30	1,34	2,49	2,04
	7.Н6ОРК	2,38	1,70	2,71	2,26
3 Высокопло- дородная	1.ПК - фон 1 (Ф1)	2,56	1,46	2,42	2,15
	2.Ф1+ризоагрин	3,03	1,52	2,42	2,32
	3.Ф1+флавобактерин	3,26	1,67	2,58	2,50
	4.НЗОРК - фон 2 (Ф2)	2,85	1,97	2,69	2,50
	5.Ф2+ризоагрин	2,62	1,41	2,85	2,29
	6.Ф2+флавобактерин	2,56	1,53	2,91	2,33
	7.Н6ОРК	2,99	1,70	2,92	2,54

Известно, что внешние факторы жизни растений оказывают значительное воздействие на рост и развитие растений в период вегетации. Одним из показателей, отражающих этот процесс, служит значение накопления биомассы растений ячменя в ключевые фазы развития. Следует отметить тот факт, что накопление массы растений во все исследуемые фазы (кущение, трубкование, колошение и полную спелость) в значительной степени зависело от погодных условий вегетационного периода.

В фазу кущения минимальное значение массы растений было получено в засушливый 1999 г., когда резкий недостаток осадков, практически, в течение всего вегетационного периода отрицательно отразился на росте растений (табл. 1.8).

В благоприятном по погодным условиям 1998 г. растения в фазу кущения имели максимальное значение биомассы. В 2000 г. накопление биомассы приближалось к аналогичному показателю для 1998 года.

В фазу трубкования различия по годам проведения опыта были выражены в меньшей степени, в отличие от предыдущей фазы. Однако, в за-

сушливом 1999 г. все же масса растений была несколько меньше, чем в другие годы исследований (табл. 1.9).

Таблица 1.9. Накопление биомассы ячменя в фазу трубкования, г/сосуд

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средн.
1 Низкопло- дородная	1.РК - фон 1 (Ф1)	9,8	9,8	13,6	11,1
	2.Ф1+ризоагрин	11,5	7,7	16,9	12,0
	3.Ф1+флавобактерин	10,3	7,7	16,6	11,5
	4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	12,8	11,8	17,8	14,1
	5.Ф2+ризоагрин	12,7	12,5	19,2	14,8
	6.Ф2+флавобактерин	12,9	11,8	17,3	14,0
	7.Н60РК	12,2	16,7	16,9	15,3
2 Среднепло- дородная	1.РК - фон 1 (Ф1)	10,2	13,9	14,2	12,8
	2.Ф1+ризоагрин	10,5	13,9	14,2	12,9
	3.Ф1+флавобактерин	10,4	13,2	15,3	13,0
	4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	12,8	13,9	18,8	15,1
	5.Ф2+ризоагрин	11,6	13,9	15,2	13,6
	6.Ф2+флавобактерин	12,5	12,5	16,4	13,8
	7.Н60РК	14,7	15,9	17,5	16,0
3 Высокопло- дородная	1.РК - фон 1 (Ф1)	12,5	13,2	14,7	13,5
	2.Ф1+ризоагрин	12,4	12,5	18,0	14,3
	3.Ф1+флавобактерин	11,5	13,2	17,2	14,0
	4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	12,9	16,7	20,4	16,7
	5.Ф2+ризоагрин	13,8	13,9	20,4	16,1
	6.Ф2+флавобактерин	14,6	15,2	19,4	16,4
	7.Н60РК	16,4	16,7	17,3	16,8

Наиболее отчетливо воздействие погодных условий вегетационного периода проявилось в фазу колошения ячменя (табл. 1.10). В этот период, когда вегетативная масса достигала максимального развития, воздействие погодных условий, в период от трубкования до колошения особенно значимо. Наши данные отчетливо показывают проявление этой закономерности. При относительно благоприятных для ячменя погодных условиях вегетационного периода 1998 г. растения сформировали максимальную надземную массу из всех годов опыта, которая составляла 35-53 г/сосуд.

При недостатке атмосферных осадков в вегетационный период 1999 г. масса растений в фазу колошения была существенно меньше предыдущего года на 15-30 г/сосуд. Примерно та же закономерность характерна и для 2000 г., когда недостаток осадков в отдельный период вегетации отрицательно сказался на накоплении биомассы ячменя, которая составляла от 14 до 26 г/сосуд.

Наряду с влиянием погодных условий вегетационного периода, условия минерального питания также оказали влияние на накопление биомассы растений ячменя по фазам вегетации. Она увеличивалась во все фазы вегетации ячменя при внесении азотного удобрения, поскольку, при достаточном содержании в почве фосфора и калия, этот элемент оказывает преобладающее воздействие на злаковые культуры.

Таблица 1/1. Накопление биомассы растений в фазу колошения ячменя, г/сосуд

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средн.
1 Низкоплодо- родная	1.ПК - фон 1 (Ф1)	35,6	14,6	14,1	21,4
	2.Ф1+ризоагрин	38,3	18,2	19,6	25,4
	3.Ф1 +флавобактерин	37,6	20,1	18,0	25,2
	4.N30PK - фон 2 (Ф2)	43,2	20,1	19,5	27,6
	5.Ф2+ризоагрин	44,8	17,3	19,6	27,2
	6.Ф2+флавобактерин	43,5	20,1	20,6	28,1
	7.N60PK	42,9	27,4	22,3	30,9
2 Среднепло- родная	1.ПК - фон1 (Ф1)	38,6	16,7	16,2	23,7
	2.Ф1+ризоагрин	48,5	20,1	16,3	28,3
	3.Ф1 +флавобактерин	48,4	20,1	19,6	29,4
	4.N30PK - фон 2 (Ф2)	52,2	18,7	19,2	30,0
	5.Ф2+ризоагрин	46,4	19,9	21,6	29,3
	6.Ф2+флавобактерин	43,4	27,7	22,2	31,1
	7.N60PK	52,9	27,7	21,3	34,0
3 Высокопло- дородная	1.ПК - фон 1 (Ф1)	35,6	15,2	18,4	23,1
	2.Ф1+ризоагрин	37,0	20,2	24,9	27,4
	3.Ф1 +флавобактерин	32,5	26,3	26,2	28,3
	4.N30PK - фон 2 (Ф2)	39,3	16,0	26,8	27,4
	5.Ф2+ризоагрин	34,6	21,5	26,2	27,4
	6.Ф2+флавобактерин	32,3	27,7	24,9	28,3
	7.N60PK	37,1	29,2	23,2	29,9

Изменение уровня плодородия почвы также сказалось на массе растений ячменя в исследуемые фазы. Как правило, изменение уровня плодородия от низкого со среднего положительно отразилось на накоплении биомассы ячменя, дальнейший рост плодородия почвы слабо отражался на накоплении сухого вещества.

Однако при изучении влияния биопрепаратов на растения, важно определить их роль в накоплении биомассы в зависимости от уровня плодородия почвы и погодных условий.

В оптимальном 1998 г. инокуляция семян ризоагрином на почве со средним уровнем плодородия обеспечило тенденцию к более высокому

накоплению массы растений начиная с фазы колошения и это сохранилось до уборки.

В год с резким недостатком атмосферных осадков до фазы колошения более интенсивное накопление биомассы происходило на почвах со средним и высоким уровнем плодородия. Начиная с колошения при высоком уровне плодородия, вероятно, более развитые растения, сильнее страдали из-за недостатка влаги и темпы накопления массы замедлялись, более интенсивно этот процесс протекал на почве со средним уровнем плодородия.

В 2000 г., характеризующимся неустойчивым характером увлажнения в период вегетации, более интенсивное накопление биомассы ячменя происходило на почве с повышенным уровнем плодородия.

При использовании флавобактерина нарастание биомассы в благоприятном 1999 г. более интенсивно проходило начиная с фазы трубкования на почве со средним уровнем плодородия и только к концу вегетации значения биомассы на средней и богатой почве выравниваются.

В 1999 г. с резким недостатком атмосферных осадков до фазы колошения более интенсивный прирост массы растений ячменя происходил на почве с высоким уровнем плодородия, однако, начиная с фазы колошения ее значения по бедной и средней почвах выравниваются и превышают богатую почву. Связано это, видимо, с тем, более развитые растения на высокоплодородной почве в начале вегетации на завершающих этапах в большей степени страдали от дефицита атмосферных осадков.

При неустойчивом увлажнении растений в 2000 г. в течение всей вегетации растений накопление их биомассы при инокуляции семян ячменя флавобактерином происходило на высокоплодородной почве.

Поскольку, в целом характер воздействия биопрепаратов на нарастание биомассы растений по годам проведения опыта совпадал, проведена оценка влияния различных инокулянтов на нарастание биомассы растений ячменя в среднем за три года (рис. 1.3). На бедной почве действие биопрепаратов на первых этапах вегетации соответствовало влиянию минерального азотного удобрения, а в поздний период вегетации имело некоторое, хотя и не достоверное, преимущество азотного удобрения.

На почве со средним уровнем плодородия до фазы колошения эквивалентность действия азотного удобрения и биопрепаратов сохранялась, в фазу полной спелости равноценную массу сформировали растения на варианте с флавобактерином и азотным удобрением, эффективность ризоагрина несколько уступала им.

При выращивании растений на высокоплодородной почве характер накопления биомассы ячменя в течение всего периода вегетации при ис-

пользовании биопрепаратов (ризоагрин и флавобактерин) был эквивалентен внесению под культуру азотного удобрения.

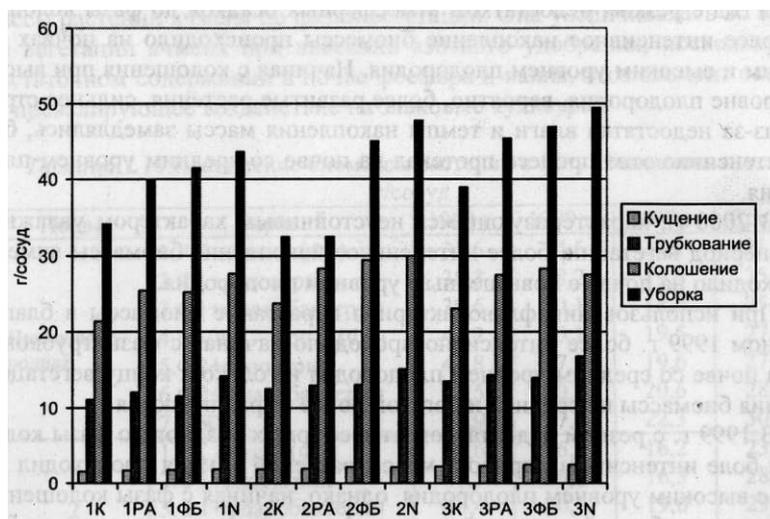


Рисунок 1.3. Динамика накопления биомассы растений ячменя в зависимости от инокуляции и уровня плодородия почвы. Среднее за 3 года. 1 - низкое, 2 - среднее, 3 - высокое, К - фон РК, РА - ризоагрин, ФБ - флавобактерин, N - азот на фоне РК.

Эффективность действия на растения инокуляции биопрепаратами подтверждается также в исследованиях выполненных другими авторами.

При изучении инокуляции семян ячменя ризоагрином [Куренкова С.В., Табаленкова, 2000] сорта Андрей и Дина положительно реагировали на инокуляцию. Эффект достигался, главным образом, за счет стимулирования ростовых процессов: увеличения листовой поверхности, количества общих и продуктивных побегов, повышения концентрации фотосинтетических пигментов. Действие ризоагрина на растения прослеживалось на протяжении всего периода вегетации. Применение биопрепарата ризоагрин нивелировало действие неблагоприятных погодных факторов, в частности в условиях недостаточного увлажнения инокуляция семян способствовала формированию высокого урожая зерна.

В полевом опыте на темно-серой лесной почве [Кругов, 1999] показано, что ризоагрин усиливал нарастание биомассы ячменя, это проявляется начиная с фазы кущения, и сохраняется в последующие периоды: трубкавание и колошение.

Исследуя накопление массы растений в смешанном посеве яровой пшеницы и гороха на дерново-подзолистой почве [Завалин, Пасынков, Лекомцев, 2003] было установлено, что при внесении азотного удобрения, независимо от инокуляции и вида посева, возрастала сухая масса обеих культур (табл. 1.11).

Таблица 1.11. Динамика накопления биомассы по фазам вегетации, г сухого вещества на 100 растений. Среднее за 3 года

Вариант	N0	N30	N60
кущение пшеницы / начало роста и ветвление побегов гороха			
1. Пшеница	36,1	42,1	52,7
2. Пшеница + ризоагрин	40,2	45,8	50,2
3. Горох	57,6	64,6	71,7
4. Горох + ризоторфин	52,4	64,6	71,7
5 . Пшеница + Горох	104,7	109,9	129,6
6 . (Пшеница + ризоагрин) + Горох	115,5	125,8	158,1
7 . Пшеница + (Горох + ризоторфин)	107,6	116,1	157,9
8 . (Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризорфин)	112,8	135,0	150,6
трубкование пшеницы / начало бутонизации гороха			
1. Пшеница	79,9	104,6	115,3
2. Пшеница + ризоагрин	90,3	113,9	125,2
3. Горох	126,1	149,6	191,8
4. Горох + ризоторфин	104,9	160,1	188,3
5* . Пшеница + Горох	206,5	282,7	314,7
6* . (Пшеница + ризоагрин) + Горох	250,0	295,6	345,4
7* . Пшеница + (Горох + ризоторфин)	253,2	287,8	338,9
8* . (Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризорфин)	263,2	295,7	317,7
Цветение			
1. Пшеница	110,1	142,5	149,3
2. Пшеница + ризоагрин	131,5	146,2	182,1
3. Горох	176,8	201,8	251,5
4. Горох + ризоторфин	175,7	208,4	278,0
5* . Пшеница + Горох	335,2	369,2	414,7
6* . (Пшеница + ризоагрин) + Горох	342,2	425,3	502,2
7* . Пшеница + (Горох + ризоторфин)	343,0	378,7	505,4
8* . (Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризорфин)	345,6	458,7	482,6

*Примечание: общая масса культур

Так внесение N30 до посева увеличило накопление сухой массы изучаемых культур в фазу кущения по сравнению с фоном без азота в среднем на 11,9%, N60 - 35,8%; в фазу трубкования - на 22,9% и 40,9%; в фазу цветения - на 18,9% и 41,1% соответственно. Выращивание пшеницы и

гороха в смешанном посеве по сравнению с их монопосевами во все фазы вегетации увеличило накопление общей сухой массы растений. Использование соответствующих азотфиксирующих препаратов повышало накопление массы пшеницы в моно и у обеих изучаемых культур - в смешанных посевах. Независимо от вида посева и уровня азотного питания при инокуляции семян монопосева гороха возрастало накопление биомассы в фазу цветения. Независимо от уровня азотного питания наиболее высокие темпы нарастания массы изучаемых культур были в период кущение - трубкование (пшеница) и начало роста и ветвления побегов - бутонизация (горох).

Таблица 1.12. Соотношение биомассы изучаемых культур по фазам вегетации, %. Среднее за 3 года

Вариант	N0	N30	N60
кущение пшеницы - начало роста и ветвление побегов гороха			
5. Пшеница + Горох	43,4/56,6*	43,4/56,6	41,2/58,8
6. (Пшеница + ризоагрин) + Горох	44,9/55,1	40,9/59,1	41,2/58,8
7. Пшеница + (Горох + ризоторфин)	43,7/56,3	44,2/55,8	42,7/57,3
8. (Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	44,9/55,1	41,2/58,8	42,0/58,0
трубкование пшеницы - начало бутонизации гороха			
5. Пшеница + Горох	53,3/46,7	39,2/60,8	40,3/59,7
6. (Пшеница + ризоагрин) + Горох	50,5/49,5	43,8/56,2	42,4/57,6
7. Пшеница + (Горох + ризоторфин)	46,1/53,9	43,4/56,6	43,0/57,0
8. (Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	46,0/54,0	44,5/55,5	44,4/55,6
Цветение			
5. Пшеница + Горох	42,5/57,5	43,6/56,4	41,6/58,4
6. (Пшеница + ризоагрин) + Горох	43,9/56,1	42,3/57,7	41,5/58,5
7. Пшеница + (Горох + ризоторфин)	40,9/59,1	42,3/57,7	42,6/57,4
8. (Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	43,3/56,7	40,4/59,6	38,2/61,8

*Примечание: числитель- пшеница, знаменатель-горох.

Существенное влияние на величину биомассы по фазам вегетации оказали условия увлажнения в период вегетации. Максимальные значения массы растений яровой пшеницы отмечены в год с равномерным выпадением осадков (2000 г.) и повышенной по сравнению со среднеголетней температурой воздуха, а у гороха в этот год было минимальное накопление биомассы, что, возможно, связано с различной реакцией изучаемых культур на перепад температур в течение суток.

У бобовой культуры максимальные значения массы получены в год с избыточным увлажнением (1998 г.).

Доля пшеницы в общей массе смеси независимо от уровня азотного питания и инокуляции семян компонентов в фазы кущения и трубкования составляла 42,4 - 49,0%, гороха в эти периоды 51,0 - 57,6% соответственно (табл. 1.12). В фазу цветения отмечено снижение доли злакового компонента в общей биомассе до 41,0 - 42,6%, что связано с биологическими различиями изучаемых культур и, вероятно, с нарастанием конкурентных взаимоотношений компонентов смеси [Вавилова, 1993].

В фазы кущения и трубкования возрастающие дозы азотного удобрения не влияли в биомассе на долю злакового компонента, а в фазу цветения усиление уровня азотного питания снижало ее. Независимо от фазы развития растений, инокуляция семян компонентов смеси не влияла на соотношение массы злакового и бобового компонентов.

В среднем по опыту величина сухой биомассы изучаемых культур в период кущение - трубкование возрасла в 2,3 раза (117,5 г/100 раст.), трубкование - цветение - в 1,5 раза (91,2 г/100 раст.) по сравнению с предыдущим, а за период кущение - цветение - в 3.3 раза (208,7 г/100 раст.).

В опыте на черноземе на светло-серой лесной супесчаной почве показано [Надежкина, Сильнова, 2001], что формирование надземной массы проса определяется многими факторами - биологией культуры, удобренностью почвы, погодными условиями. У проса в течение трёх недель после появления всходов, в период перехода растений от питания за счёт пластических веществ семени к автотрофному, площадь листьев нарастала очень медленно, как на удобренной почве так и без удобрения, и её величина определялась погодными условиями. Весной и в начале лета 1997 г. листья были хорошо развиты уже к периоду кущения, в 1999 г. резкое снижение влажности почвы в этот период задержало развитие листовой пластины, и площадь её была в полтора раза меньше. Интенсивный рост площади листьев начался с фазы кущения и продолжался вплоть до выбрасывания и цветения метёлок. В дальнейшем листья сравнительно быстро отмирали, и их площадь уменьшалась до окончания вегетации.

Минеральные удобрения способствовали усилению ростовых процессов. Инокуляция семян проса бактериальными препаратами увеличивала площадь листовой поверхности. До фазы выметывания прирост к контролю составлял 13 - 15%. Наибольшее увеличение листовой поверхности наблюдалось в период трубкование - цветение, когда прирост площади листьев составил 26,7 - 32%. Максимальная эффективность по этому параметру была при инокулировании семян ризоагрином, несколько меньшая от экстрасола.

В модельном опыте при изучении действия биопрепаратов на растения кукурузы в начальный этап вегетации всхожесть семян изменялась у гибрида Нарт - 150 с 77 до 89%, у гибрида Росс от 68 до 84%. У первого

гибрида инокуляция семян биопрепаратами способствовала увеличению всхожести семян, при этом штамм *Pseudomonas* достоверно действовал на этот показатель. У гибрида Росс, наоборот, инокуляция снижала всхожесть. Во втором опыте отмечены примерно те же закономерности, что и в первом, хотя достоверных изменений не получено.

В среднем за два опыта (табл. 1.11) инокуляция семян гибрида кукурузы Нарт - 150 обеспечила тенденцию увеличения всхожести семян от штаммов *Pseudomonas*, при этом чуть выше, чем от мобилина.

Таблица 1.13. Влияние инокуляции семян на сухую массу листьев и корней кукурузы, г/10 растений

Вариант	Листья			Корни		
	1 опыт	2 опыт	среднее	1 опыт	2 опыт	среднее
Нарт - 150						
Контроль	3,82	6,37	5,10	2,52	2,91	2,71
Ps. Шт. 2137	4,33	6,95	5,64	2,80	3,90	3,35
Ps. Шт. 2184	4,15	6,43	5,29	2,61	3,39	3,00
Мобилин	3,67	7,02	5,35	3,28	4,85	4,06
Росс						
Контроль	2,87	4,82	3,85	3,00	3,85	3,42
Ps. Шт. 2137	3,24	4,84	4,04	3,95	2,49	3,22
Ps. Шт. 2184	2,72	5,21	3,97	3,22	3,85	3,53
Мобилин	3,27	5,10	4,18	3,53	4,02	3,77
P, %	6Д	4,0	3,2	6,6	9,0	4,8
НСР _{0,5}	0,62	0,67	0,43	0,60	0,96	0,47

При инокуляции семян кукурузы гибрида Нарт-150 снижалась пораженность проростков корневыми гнилями от всех препаратов, причем в первом опыте наиболее эффективными были штамм 2137 и мобилин. У гибрида Росс в первом опыте препараты, за исключением мобилина, также снижали количество пораженных растений. Во втором опыте снижение пораженности растений корневыми гнилями отмечено только при использовании мобилина. Эти данные согласуются с результатами полученными во ВНИИСХМ [Кравченко, 2000].

Учет сухой массы листьев проростков кукурузы позволил установить положительное влияние препаратов на основе штамма 2137 у гибрида Нарт-150, от использования других препаратов прослеживалась лишь тенденция увеличения массы листьев. У гибрида Росс достоверного увеличения массы листьев от всех препаратов не установлено, однако также, прослеживалась тенденция возрастания сухой массы листьев (табл. 1.13).

При инокуляции семян обоих гибридов кукурузы изучаемыми биопрепаратами наблюдается тенденция увеличения массы корней. При этом достоверный рост массы корней в среднем по двум опытам отмечен от использования штамма 2137 и мобилина у гибрида Нарт-150. У гибрида Росс достоверное увеличение массы корней от этого же штамма получено только в первом опыте. Действие изучаемых штаммов микроорганизмов на биомассу растений (листья + корни) было неустойчивым в отдельные опыты, хотя прослеживалась положительная роль инокуляции. В среднем за два опыта инокуляция семян кукурузы штаммом 2137 и мобилином достоверно увеличила сухую биомассу растений гибрида Нарт-150, по гибриду Росс эта закономерность характерна только для препарата мобилина.

В полевом опыте на светло-серой лесной почве в Московской обл. оценивали действие биопрепаратов на развитие растений кукурузы в период вегетации (табл. 1.14).

Внесение азотного удобрения положительно отразилось на высоте растений. В фазе 10-12 листьев она изменилась с 58 до 82-83 см. Возрастающие дозы N-удобрения с 60 до 90 кг/га существенного не сказались на линейной длине растений. На фоне РК инокуляция семян изучаемым препаратом обеспечила достоверный рост длины растений с 58 до 78-86 см. При этом более эффективным был штамм 2137. На фоне с внесением N60 увеличения высоты растений от всех изучаемых биопрепаратов не отмечено.

В фазу цветения кукурузы различия между контрольными и инокулированными растениями сохранились, при этом было отчетливо выражено действие мобилина и штамма 2184. При внесении N60 линейная длина растений была существенно больше, чем без азота. Действие биопрепаратов также как в фазу 10-12 листьев на фоне с внесением азотного удобрения не проявлялось.

Инокуляция биопрепаратами положительно отразилась на площади листьев в фазе 10-12 листьев. При использовании штамма 2184 и мобилина она была равноценна внесению под кукурузу N60. На фоне N60 действие биопрепаратов на основе штамма 2137 и мобилина приближалось к варианту внесения N90.

В фазу цветения площадь листьев от азотного удобрения возрастала только при увеличении дозы азота до 60 кг/га. На фоне РК наиболее значимое увеличение площади листьев получено от инокуляции штаммом 2184 и мобилином, однако она была меньше по сравнению с внесением N60. На фоне N60P45K60 все изученные инокулянты на площадь листьев кукурузы не влияли. Вероятно, это свидетельствует о роли биопрепаратов в стимулировании развития фотоассимиляционного аппарата растений ку-

курузы не только за счет эффекта азотфиксации, но за счет продуцирования микроорганизмами физиологически активных веществ [Кравченко и др., 1991, Кравченко, 2000].

С условием минерального питания и влагообеспеченности тесно связано накопление сухого вещества растений [Павлов, 1967]. Кукуруза характеризуется медленным начальным ростом, максимальное количество органического вещества накапливается к фазе выметывания. Темп нарастания биомассы зависит от условий минерального питания растений, наличия в почве влаги, температуры воздуха, аэрации почвы, применения регуляторов роста растений [Шевелуха, 1992].

Таблица 1.14. Влияние инокуляции семян биопрепаратами на рост растений кукурузы на светло-серой лесной почве. Среднее за два года

Вариант	Фаза 10-12 листьев			Цветение			Молочная спелость
	высота растений, см	площадь листьев, дм ² /растение	сухая масса 1 раст, г	высота растений, см	площадь листьев, дм ² /растение	сухая масса 1 раст, г	сухая масса 1 раст, г
1. P45K60 – фон 1 (Ф1)	58	13,1	5,9	189	223,8	80,3	94
2. Ф1 + Ps. Шт. 2137	78	20,9	9,0	207	308,2	96,2	128
3. Ф1 + Ps. Шт. 2184	85	23,3	10,8	216	377,3	91,2	134
4. Ф1 + мобилин	83	24,9	8,9	238	409,9	121,3	130
5. N60P45K60-фон2 (Ф2)	82	24,0	9,6	233	486,7	124,7	131
6. Ф2 + Ps. Шт. 2137	78	30,5	10,3	217	419,2	114,8	128
7. Ф2 + Ps. Шт. 2184	74	21,7	8,9	233	403,5	117,1	124
8. Ф2 + мобилин	84	28,3	8,8	223	331,6	113,1	136
9. N90P45K60	83	28,8	10,5	219	420,9	111,6	149

В фазе 10-12 листьев сухая масса 1 растения изменялась по вариантам опыта с 5,9 до 10,8 г (табл. 1.14). Наибольшая сухая биомасса растений от действия биопрепаратов получена при инокуляции семян штаммом 2184 на фоне без внесения азотного удобрения, другие биопрепараты были менее эффективны. На фоне с внесением азотного удобрения изучаемые штаммы положительно не влияли на массу растений.

В фазе цветения, характеризующейся максимальным темпом накопления биомассы, получен большой эффект от инокуляции семян на фоне без внесения N60 от мобилина, другие биопрепараты уступали ему, хотя также отмечено некоторое увеличение этого показателя. На фоне с внесением азотного удобрения положительного влияния биопрепаратов не получено.

К фазе молочно-восковой спелости зерна, что соответствовало уборке урожая, по сравнению с фазой цветения масса одного растения продолжала возрастать, хотя темпы ее были значительно меньше по сравнению с периодом 10-12 листьев - цветение. Положительное действие биопрепаратов на сухую массу одного растения, не зависимо от вида используемых штаммов, проявилось только на фоне РК-удобрений и действие их было равноценно внесению под кукурузу N60. На этом фоне изучаемые инокулянты не оказали положительного действия на массу растения.

На черноземе предкавказком обыкновенном в полевом опыте показано, что инокуляция семян кукурузы, выращиваемой на зерно также положительно влияла на растениях в период вегетации культуры. Так, биопрепараты, изготовленные на основе *Pseudomonas (штаммы 2137 и 2184)* повышали полевую всхожесть семян кукурузы при высевах семян на фоне без внесения азотного удобрения во все годы. На фоне N60 все изучаемые препараты увеличивали всхожесть семян при пониженной среднесуточной температуре воздуха (2000 г.) и при избытке атмосферных осадков, что согласуется с данными, полученными на ячмене [Байрамов, 2001].

За счет инокуляции семян кукурузы растения формировали большую листовую поверхность (табл. 1.15), что создавало условия для увеличения фотоассимиляционной деятельности растений. В фазу 10-12 листьев это увеличение достигало 15% по сравнению с фоном внесения P60. На фоне N60P60 действие биопрепаратов на площадь листьев отсутствовало. В фазу цветения сохранилось положительное влияние биопрепаратов на площадь листьев при выращивании кукурузы на фоне с внесением фосфорного удобрения, это увеличение составляло 23-31%. На фоне с внесением N60P60 изучаемые биопрепараты на площадь листьев не влияли.

Изменение площади листьев положительно сказалось на накоплении сухой массы растений кукурузы (табл. 1.15). Так внесение N60 обеспечило формирование большей массы растений по сравнению с фоном, хотя повышение доз с 60 до 120 кг/га было неэффективно. Инокулированные всеми изучаемыми биопрепаратами растения в фазу 10-12 листьев на 9-12% имели большую массу по сравнению с фоном P60. На фоне N60P60 они не влияли на сухую массу растений. В фазу цветения кукурузы положительно действовал на накопление массы растений только препарат *Pseudomonas штамм 2137* на фоне P60.

Таким образом, инокуляция семян биопрепаратами комплексного действия положительно влияет на их всхожесть, которая проявляется в зависимости от погодных условий начала вегетации культуры. Биопрепараты оказывают положительное влияние на накопление биомассы растений в период вегетации. Эффективность инокуляции зависит от сортовых особенностей сельскохозяйственных культур, вносимых минеральных удоб-

рений, уровня плодородия почвы, погодных условий вегетационного периода и вида штаммов, входящих в состав препаратов.

Таблица 1.15. Влияние инокуляции семян биопрепаратами на рост растений кукурузы. Среднее за 2 года.

Вариант	10-12 листьев			Цветение		
	высота расте-ний, см	площадь листьев, дм ² /раст.	сухая масса 10 раст., г	высота расте-ний, см	площадь листьев, дм ² /раст.	сухая масса 10 раст., г
1.Р60 - Фон 1 (Ф1)	1,04	19,2	735	1,83	259,6	1105
2.Ф1+ Рs. Шт.2137	1,13	22,8	805	1,98	320,9	1225
3.Ф1+ Рs. Шт.2184	1,13	22,6	828	1,98	332,0	1139
4.Ф1+мобилин	1,12	22,6	803	2,02	335,8	1136
5.Н60Р60 - Фон 2	1,18	24,4	893	2,08	356,4	1410
6.Ф2+ Рs. Шт.2137	1,18	25,3	913	2,10	377,1	1308
7.Ф2+ Рs. Шт.2184	1,17	24,5	870	2,05	378,9	1289
8.Ф2+мобилин	1,16	24,5	888	2,05	390,6	1307
9.Н120Р60	1,10	21,6	832	1,97	354,6	1258
Р, %	1,2	3,3	2,7	1,4	15,9	2,4
НСР05	0,04	2,4	73	0,08	17,6	95

1.5. Роль биопрепаратов комплексного действия в улучшении минерального питания растений

Ранее отмечалось, что биопрепараты, изготовленные на основе ризосферных микроорганизмов способны улучшать минеральное питание растений как за счет вовлечения в агроценоз азота атмосферы, так и в результате усиления поглощения корнями из почвы основных элементов питания.

Это подтверждается результатами исследований, проведенных в последние годы.

Так в опыте на светло-серой лесной почве с различными сортами ячменя установлено, что содержание азота в растениях определяется условиями минерального питания, прежде всего азотного, фазой вегетации культуры и погодными условиями вегетационного периода. Особенно наглядно действие последнего фактора проявилось при дефиците атмосферных осадков и повышенной температуре воздуха. В этих условиях при меньшей массе растений в них была больше концентрация азота.

Характер действия биопрепаратов и минеральных удобрений на содержание азота в растениях ячменя в среднем за годы проведения опыта, в

основном, был схожим. В фазу кущения концентрация азота в растениях сортов ячменя изменялась в пределах от 2,86 до 4,69 % (табл. 1.16).

Таблица 1.16. Концентрация азота в растениях ячменя в фазу кущения, % на воздушно-сухое вещество. Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1. РК-фон 1 (Ф1)	3,16	2,86	3,18
2. Ф1 + ризоагрин	3,39	3,95	3,41
3. Ф1 + флавобактерин	3,79	3,69	3,24
4. N30PK - фон 2 (Ф2)	3,75	4,69	3,55
5. Ф2 + ризоагрин	4,21	4,24	4,12
6. Ф2 + флавобактерин	3,96	4,13	4,03

Явных преимуществ в содержании азота между изучаемыми сортами не прослеживалось. Однако, без внесения азотного удобрения (РК-фон) концентрация азота в растениях сорта Добрый несколько ниже, чем у других сортов. Инокуляция семян ячменя ризоагрином и флавобактерином увеличивает содержание азота в растениях всех сортов, что указывает на роль биопрепаратов в улучшении азотного питания растений, что, характерно и для варианта с внесением под ячмень азотного удобрения (табл. 1.16). На фоне с внесением азотного удобрения характер действия инокуляции на концентрацию азота в растениях в фазу кущения отличался от фона РК. Здесь отмечено положительное действие ризоагрина только на сортах Риск и Андрей и флавобактерина на сорте Андрей.

Таблица 1.17. Концентрация азота в различных сортах ячменя в зависимости от инокуляции семян, % на воздушно-сухое вещество. Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1. РК-фон 1 (Ф1)	2,38	2,19	2,21
2. Ф1 + ризоагрин	2,42	2,20	2,51
3. Ф1 + флавобактерин	2,44	2,77	2,22
4. N30PK - фон 2 (Ф2)	2,62	2,44	2,41
5. Ф2 + ризоагрин	2,51	2,68	2,22
6. Ф2 + флавобактерин	2,77	2,58	2,40

В результате ростового разбавления в фазу трубкования концентрация азота в надземной массе ячменя уменьшилась по сравнению с фазой кущения у всех сортов (табл. 1.17). На фоне РК она изменялась в зависи-

мости от сорта от 2,19 до 2,38%. Инокуляция семян ризогрином на этом фоне была положительной только на сорте Андрей, от флавобактерина - на сорте Добрый. Применение азотного удобрения повышало концентрацию азота в растениях у сорта Риск и в меньшей степени у сортов Добрый и Андрей.

В фазу колошения ячменя происходило дальнейшее снижение концентрации азота в надземной массе в результате физиолого-биохимических процессов, связанных с прохождением этапов онтогенеза. Значение этого показателя изменялось в зависимости от сортовых особенностей и условий азотного питания с 1,62 до 2,30% (табл. 1.18). На фоне без азотного удобрения максимальная концентрация азота в растениях ячменя была у сорта Добрый. На всех сортах инокуляция ризогрином обеспечила возрастание содержания азота в растениях, от флавобактерина это увеличение происходило менее значительно только у сорта Андрей. В эту фазу колошения азотное удобрение не изменяло концентрацию азота в растениях всех сортов ячменя по сравнению с РК-фоном (табл. 1.18).

Таблица 1.18. Концентрация азота в растениях ячменя в фазу колошения, % на воздушно-сухое вещество. Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
1.РК- фон 1 (Ф1)	1,79	1,98	1,71
2.Ф1 + ризоагрин	1,92	2,30	1,97
3.Ф1 + флавобактерин	1,62	1,97	1,83
4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	1,80	2,01	1,65
5.Ф2 + ризоагрин	1,82	2,09	1,89
6.Ф2 + флавобактерин	1,82	2,14	2,02

Накопление азота в растениях ячменя по фазам вегетации отражает экологические условия возделывания культуры [Кирюшин, 2000]. Среди факторов, влияющих на этот показатель, особая роль принадлежит внесению под культуру азотных удобрений и инокуляции семян ризосферными диазотрофами. Накопление азота сортами ячменя зависело также от погодных условий вегетационного периода: при дефиците атмосферных осадков в фазу трубкования (1997 г.) или колошения (1997 и 1999 гг.) оно было меньше, чем при достаточном снабжении растений влагой (1998 г.). Накопление азота в растениях ячменя возрастало от фазы кущения до колошения (табл. 1.19).

В фазу кущения без инокуляции и применения азотного удобрения минимальное количество азота накапливалось в растениях ячменя сорта Андрей, та же закономерность сохранилась и в фазу трубкования. Иноку-

ляция семян всех сортов ячменя ризоагрином и флавобактерином увеличили накопление азота сортами Риск и Добрый, но у сорта Андрей этот показатель был меньше. Если у сорта Риск по флавобактерину накопление азота в растениях соответствовало варианту внесения под ячмень N30, то в других случаях оно уступало ему (табл. 1.19).

На азотном фоне инокуляция семян сорта Андрей ризоагрином и флавобактерином способствовала возрастанию накопления азота в растениях, в то время как на других сортах этот прием не влиял.

Таблица 1.19. Динамика накопления азота сортами ячменя в зависимости от инокуляции и азотного удобрения, г/м². Среднее за 3 года

Вариант	Сорт		
	Риск	Добрый	Андрей
Кущение			
1.РК - фон 1 (Ф1)	1,35	1,27	1,17
2.Ф1 + ризоагрин	1,47	1,68	1,30
3.Ф1 + флавобактерин	1,80	1,65	1,25
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	1,83	2,40	1,53
5.Ф2 + ризоагрин	2,35	2,22	2,07
6.Ф2 + флавобактерин	2,02	2,40	1,78
Трубкавание			
1.РК - фон 1 (Ф1)	7,42	6,98	5,30
2.Ф1 + ризоагрин	7,27	8,83	6,17
3.Ф1 + флавобактерин	7,15	7,80	5,63
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	8,83	8,42	7,20
5.Ф2 + ризоагрин	7,78	8,78	7,35
6.Ф2 + флавобактерин	8,45	8,73	7,12
Колошение			
1.РК - фон 1 (Ф1)	10,02	11,47	10,35
2.Ф2 + ризоагрин	13,20	13,30	12,52
3.Ф1 + флавобактерин	11,95	13,45	11,68
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	13,50	14,02	11,88
5.Ф2 + ризоагрин	13,05	15,73	11,78
6.Ф2 + флавобактерин	13,63	15,12	14,10

В фазу трубкавания ячменя на фоне без азотного удобрения ризоагрин и флавобактерин не изменяли накопление азота в растениях сорта Риск, тогда как у сорта Добрый оно явно увеличивалось, а у сорта Андрей увеличение было только при использовании ризоагрина. Применение под ячмень N30 у всех сортов повысило накопление азота в растениях. На фо-

не с азотным удобрением инокулянты не влияли на накопление азота сортами ячменя.

В фазу колошения ячменя инокулированные ризоагрином и флавобактерином растения всех сортов накапливали больше азота по сравнению с РК-фоном (табл. 1.19), а на фоне с внесением полного минерального удобрения получен положительный эффект только от ризоагрина на сорте Добрый.

При оценке действия биопрепаратов на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве на сортах яровой пшеницы показано, что концентрация азота в растениях определялась минеральными удобрениями, инокуляцией семян бактериальными препаратами, а также, погодными условиями периода вегетации. В 1998 г., при недостатке атмосферных осадков в периоды совпавшие с фазой всходов и фазой цветения пшеницы, содержание азота в вегетативной массе снижалось по сравнению с более благоприятными предыдущими годами, без внесения минерального азота и, в меньшей степени, с внесением низких доз N (табл. 1.20).

Таблица 1.20. Содержание азота в вегетативной массе яровой пшеницы в фазу трубкования, % на воздушно-сухое вещество

Вариант	Иргина				Приокская			
	1996г	1997г	1998г	сред.	1996г	1997г	1998г	сред.
1.РК	1,88	1,73	1,65	1,75	2,35	1,00	1,55	1,63
2.РК + РА*	1,79	1,60	1,67	1,69	2,67	1,76	2,10	2,18
3.РК + ФБ*	1,24	1,69	1,52	1,48	1,82	2,10	2,19	2,04
4.N30PK	1,56	2,03	1,46	1,68	2,06	1,95	2,28	2,10
5.N30PK + РА	.	2,19	1,90	2,04	2,11	2,31	2,15	2,19
6.N30PK + ФБ	1,67	2,01	2,04	1,91	2,13	2,01	2,08	2,07
7.N60PK	1,92	2,18	2,19	2,10	2,02	2,14	2,01	2,06
8.N60PK + РА	2,12	2,46	2,35	2,31	2,05	2,23	2,35	2,21
9.N60PK + ФБ	2,09	2,03	2,38	2,17	2,41	2,58	2,64	2,54
10.N90PK	2,05	2,15	2,23	2,14	2,53	2,36	2,33	2,41

*Примечание: РА-ризоагрин, ФБ- флавобактерин

Концентрация азота в растениях во все фазы возрастала при увеличении доз азотного удобрения как у сорта Иргина, так и у Приокской. В цветение на фоне внесения минерального азотного удобрения и применении diaзотрофов в листьях и в стеблях накапливалось больше азота, а в колосе этой закономерности не отмечено. Применение diaзотрофов оказывало положительное воздействие на накопление азота в растениях в годы с достаточным увлажнением.

В цветение яровой пшеницы биопрепараты увеличивали накопление азота практически всеми органами растения, причем во многих случаях флавобактерин был эффективнее. Под влиянием обоих штаммов diaзотрофов, а в особенности флавобактерина, увеличивалось накопления азота колосом, что является результатом увеличения биомассы колосьев, а не увеличения в них концентрации азота (рис. 1.4).

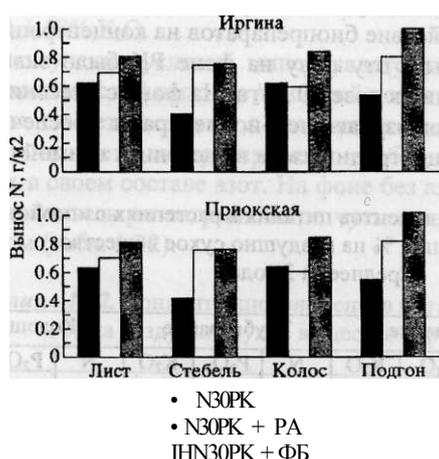


Рисунок 1.4. Влияние инокуляции на накопление азота растениями пшеницы в молочную спелость.

Положительная роль биопрепаратов в улучшении азотного питания растений на черноземе в Ульяновской обл. [Никитин, 2002], где содержание азота в растениях в течение вегетации яровой пшеницы при применении биопрепаратов повышалось: в фазе кущения на 0,14 - 0,56%, в фазе трубкования 0,04 - 0,30%, в фазе цветения на 0,08 - 0,13%. Наблюдение за содержанием элементов питания в корнях яровой пшеницы свидетельствуют также о том, что применение биопрепаратов улучшает режим питания растений. Концентрация азота в корнях относительно контроля увеличилась на 0,08 - 0,26%. Вероятно, это происходило как за счет фиксации азота, так и стимулирующего действия микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов. Выявлено также, что биопрепараты оказали стимулирующее влияние на развитие корневой системы яровой пшеницы, по-видимому, за счет способности микроорганизмов продуцировать биологически активные вещества.

Условия минерального питания влияли на обеспеченность элементами минерального питания растений озимой пшеницы, выращиваемой на

дерново-подзолистой легкосуглинистой почве [Семенов, 2002]. Концентрация азота в растениях фазу кущения возрастала с 3,46 до 3,64-3,80% в результате внесения азотного удобрения, действия препаратов не установлено как на фоне РК-удобрений, так и при внесении полного минерального удобрения (табл. 1.21).

В фазу трубкования отмечено возрастание концентрации азота под действием азотного удобрения, при этом прослеживалась положительная роль возрастающих доз. Действие биопрепаратов на концентрацию азота в растениях озимой пшеницы в эту фазу на фоне РК было эквивалентно внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га. На фоне с внесением полного минерального удобрения изучаемые биопрепараты обеспечили лишь тенденцию увеличения концентрации азота в растениях озимой пшеницы.

Таблица 1.21. Содержание элементов питания в растениях озимой пшеницы в период вегетации, % на воздушно сухое вещество.
Среднее за 3 года

Вариант	Кущение			Трубкование			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.Без удобрений	3,29	0,93	3,42	2,01	0,75	3,42	1,07	0,54	1,50
2.P45K60 - фон 1	3,46	0,99	3,56	2,06	0,78	3,56	1,11	0,57	1,60
3.Ф1 + ризоагрин	3,55	0,97	3,64	2,14	0,79	3,64	1,26	0,59	1,60
4.Ф1 + флавобактерин	3,24	0,97	3,66	2,16	0,80	3,66	1,19	0,56	1,60
5.Ф1 + ризоагрин + флавобактерин	3,58	0,96	3,58	2,10	0,80	3,58	1,19	0,55	1,57
6.N30P45K60 - фон 2	3,64	0,97	3,67	2,18	0,78	3,67	1,23	0,56	1,61
7.Ф2 + ризоагрин	3,62	1,00	3,70	2,32	0,81	3,70	1,34	0,60	1,64
8.Ф2 + флавобактерин	3,62	0,97	3,64	2,35	0,82	3,64	1,34	0,58	1,66
9.Ф2 + ризоагрин + флавобактерин	3,62	0,97	3,63	2,39	0,81	3,63	1,32	0,58	1,66
10.N30P45K60 + N30 весной	3,80	0,99	3,63	2,57	0,83	3,63	1,56	0,60	1,68

В фазу колошения на фосфорно-калийном фоне инокуляция семян изучаемыми биопрепаратами обеспечила тенденцию повышения концентрации азота в растениях озимой пшеницы эквивалентную действию азотного удобрения в дозе 30 кг/га (табл. 1.21). На фоне с внесением полного минерального удобрения отмечена аналогичная зависимость. При внесении азотного удобрения в возрастающих дозах концентрация азота в растениях увеличивалась.

В отличие от содержания в растениях азота, концентрация фосфора в озимой пшеницы (табл. 1.21), практически, не зависела от используемых

удобрений и биопрепаратов. Растения накапливали в кушение 0,93-1,00%, в трубкавание- 0,75-0,83% и в колошение- 0,54-0,60% P₂O₅.

Концентрация калия в растениях озимой пшеницы, так же как и фосфора, слабо зависела от условий минерального питания растений (табл. 1.21), хотя при внесении фосфорно-калийного удобрения была отмечена слабая тенденция увеличения содержания калия. В фазу кушения растения накапливали 3,42-3,70%, в трубкавание - 2,90-3,24%, в колошение - 1,50-1,68% K₂O.

При изучении условий минерального питания озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве [Волков, 2002], полученные результаты свидетельствуют о том, что концентрация азота в растениях была выше во все годы при применении биопрепаратов и удобрений, содержащих в своем составе азот. На фоне без азотного удобрения действие на этот показатель ризоагрина было чуть меньше по сравнению с флавобактерином (табл. 1.22).

Таблица 1.22. Концентрация элементов питания в растениях озимой ржи, % на воздушно сухое вещество. Среднее за 4 года

Вариант	Кушение			Трубкавание			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	3,60	0,95	3,56	2,01	0,61	2,85	0,91	0,44	1,68
P45K60 - фон 1	3,62	0,98	3,63	2,04	0,67	3,06	0,93	0,47	1,86
Ф1 + ризоагрин	3,70	0,99	3,63	2,19	0,68	3,07	1,02	0,46	1,89
Ф1 + флавобактерин	3,67	0,98	3,63	2,19	0,68	3,09	1,02	0,46	1,88
Ф1 +ризоагрин+ флавобактерин	3,71	0,98	3,65	2,18	0,69	з, п	0,99	0,47	1,88
N30P45K60 - фон 2	3,76	0,99	3,77	2,22	0,69	3,09	1,07	0,47	1,89
Ф2 + ризоагрин	3,83	1,02	3,76	2,75	0,70	3,11	1,18	0,46	2,00
Ф2 + флавобактерин	3,81	1,00	3,78	2,30	0,68	3,13	1,17	0,47	2,02
Ф2 + ризоагрин+ флавобактерин	3,84	1,01	3,78	2,30	0,69	3,15	1,18	0,46	1,99
N30P45K60+ N30 весной	4,00	1,03	3,79	2,40	0,69	3,25	1,27	0,47	1,90

Бинарная смесь двух препаратов на фосфорно-калийном фоне превосходила по действию на содержание азота в растениях в начальную фазу развития применение биопрепаратов в отдельности. На фоне N30P45K60 содержание азота в растениях от применения ризоагрина было выше, чем от использования флавобактерина. Действие смеси ризоагрина и флавобактерина этом фоне максимально (3,84%). В фазу кушения концентрация азота в растениях была чуть выше на фоне с внесением N -

удобрения. Биопрепараты существенного влияния на концентрацию азота не оказали. Положительное действие на содержание в растениях азота во все годы исследований получено от внесения азотных удобрений рано весной в подкормку на фоне N30P45K60 (среднее содержание азота за 4 года - 4,0%). В фазу трубкования из-за возрастания биомассы соответственно снижалась концентрация азота в растениях, но положительное действие инокулянтов на содержание азота сохранялось. Влияние на концентрацию азота в растениях ризоагрина и флавобактерина на фосфорно-калийном фоне было одинаковым, от сочетания препаратов в этот период развития озимой ржи получен аналогичный результат. Внесение азотного удобрения и инокуляция семян увеличили концентрацию азота в растениях. Действие ризоагрина на этом фоне было выше (2,75%), а флавобактерин и смесь препаратов действовали одинаково (2,3%). Максимальное содержание азота в растениях от весенней азотной подкормки сохранялась в период весеннего трубкования озимой ржи. Положительное действие биологических препаратов на содержание азота в растениях озимой ржи сохранилось до фазы колошения (табл. 1.22).

На фоне с внесением N- удобрения за все годы сохраняется тенденция увеличения концентрации азота в растениях в период колошения от обработки семян биопрепаратами. Эта же тенденция характерна для фона N30P45K60 по отношению к P45K60.

Для достижения высокого урожая необходимо, чтобы растения были обеспечены достаточным количеством фосфора в течение всей вегетации. Наибольшую потребность в фосфоре они проявляют в первые периоды вегетации, когда их корневая система ещё слабо развита [Мосолов, 1979]. По результатам исследований максимальная концентрация фосфора в растениях озимой ржи была в фазу кушения (среднее за 4 года на контроле 0,95%). По мере накопления биомассы растения и прохождения фаз вегетации концентрация P_2O_5 в растениях озимой ржи снижалась - в период трубкования (на контроле) до 0,61%, а в фазу колошения (на контроле) до 0,44% (табл. 1.22). Влажность почвы играет особую роль в поглощении фосфатов почвой. Она создает благоприятные условия для растворения солей фосфорной кислоты и усвоения их растениями [Чумачено и др., 2002]. В засушливые неблагоприятные годы (1999-2000 г.г.) поступление фосфора в растения было меньше по сравнению с влажными годами. Применение минеральных удобрений увеличило содержание фосфора в растениях на всех вариантах опыта. При этом в начальные фазы развития озимой ржи на фоне трех макроудобрений и применении азотного удобрения весной концентрация P_2O_5 в растениях возрастала. В период колошения озимой ржи содержание фосфора в растениях на вариантах применения различных доз удобрений выравнивалось (0,47%). Обработка семян

биологическими препаратами не увеличила содержание фосфора в растениях в фазы кущения и трубкования. На вариантах применения ассоциативных диазотрофов в период колошения не отмечено снижения содержания фосфора в растениях. Оба препарата и их смесь практически одинаково повлияли на концентрацию фосфора в растениях озимой ржи в период колошения.

Содержание калия в растениях озимой ржи также снижалось по мере увеличения биомассы (табл. 1.22). Различные погодные условия за 4 года исследований слабо влияли на концентрацию калия в растениях. Применение минеральных удобрений и обработка семян биологическими препаратами существенно увеличили содержание калия в растениях. Эффективность ассоциативных диазотрофов была чуть выше на фоне с внесением трех удобрений. Ризоагрин и флавобактерин, а также их смесь практически одинаково влияли на содержание K_2O в растениях озимой ржи.

Известно что накопление азота и зольных элементов у яровых зерновых культур наиболее интенсивно происходит до фазы цветения. Эти культуры имеют более короткий вегетационный период по сравнению с озимыми, поэтому во время интенсивного поглощения азота и зольных элементов суточная потребность яровых культур в них выше, чем у озимых растений. Интенсивнее потребляет элементы минерального питания ячмень, у которого период вегетации наиболее короткий [Родина, 1975]. Об интенсивном накоплении азота ячменем в начальные фазы развития свидетельствуют данные полевого опыта Волкова Г.Е. (2000). Среднее за 3 года содержание азота в фазу кущения на контроле составило 3,57%, в фазу трубкования - 2,44%. Применение фосфорно-калийных удобрений способствовало слабому увеличению концентрации азота (3,66% в кущение, 2,45% в трубкование). Добавление азота дополнительно к фону РК повысило содержание азота в растениях ячменя, так в кущение содержание азота составляло 3,88%, в период колошения - 2,51%. Результаты опыта свидетельствуют о тенденции увеличения концентрации азота в растении от инокуляции биопрепаратами. Так, за весь период вегетации растения ячменя, семена которых были обработаны ризоагрином и флавобактерином, содержали в своем составе азота больше, чем растения на вариантах с применением азотных удобрений в дозе 30 кг/га д.в., оба препарата по действию на этот показатель практически не отличались (табл. 1.23).

Наблюдения по фазам развития ячменя свидетельствуют о том, что применение фосфорно-калийных удобрений слабо влияло на содержание P_2O_5 в растениях во все фазы развития, а использование трех макроудобрений, наоборот, снижало этот показатель. Инокуляция семян биологическими препаратами на содержание фосфора в растениях не влияла.

Таблица 1.23. Содержание азота, фосфора и калия в растениях ячменя, % на воздушно сухое вещество. Среднее за 3 года

Вариант	Кущение			Трубкование			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	3,57	0,92	5,47	2,44	0,91	3,44	0,95	0,64	1,45
P30K60 - фон 1	3,66	0,93	5,34	2,45	0,97	3,81	0,97	0,68	1,59
Ф1 + ризоагрин	3,92	0,90	5,42	2,59	0,97	3,53	1,18	0,69	1,58
Ф1 + флавобактерин	3,99	0,92	5,40	2,59	0,97	3,81	1,20	0,71	1,55
N30P30K60 - фон 2	3,88	0,91	5,45	2,51	0,96	3,81	1,10	0,67	1,60
Ф2 + ризоагрин	4,37	0,91	5,51	2,66	0,98	3,91	1,08	0,67	1,65
Ф2 + флавобактерин	4,37	0,93	5,48	2,62	0,98	3,87	1,03	0,67	1,62

Содержание калия в растениях ячменя по мере роста и развития культуры снижалось (табл. 1.23). Оба фона минеральных удобрений, практически одинаково влияли на содержание K₂O в растениях, незначительно увеличив его по сравнению с контрольным вариантом. Обработка семян ризоагрином и флавобактерином не увеличила содержание калия в растениях ячменя. На фосфорно-калийном фоне эта тенденция менялась - в фазе трубкования ризоагрин способствовал снижению содержания калия до 3,53% по сравнению с минеральным фоном (3,81%). В среднем за 3 года на втором минеральном фоне содержание калия в растениях во все фазы развития от инокуляции семян ячменя ризоагрином и флавобактерином не изменялась.

В микрополевом опыте, проведенном на светло-серой лесной почве [Байрамов, 2000] в фазу кушения ячменя, несмотря на то, что биопрепараты не влияли на накопление биомассы растений, концентрация азота в растениях была выше, чем в неинокулированных растениях, практически, во все годы проведения эксперимента (табл. 1.24).

Таблица 1.24. Содержание азота в растениях ячменя в фазу кушения, % на воздушно сухое вещество

Вариант	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Среднее
1.Контроль (PK)	2,35	3,58	2,66	2,95
2.N30PK	2,69	4,58	5,80	4,78
3.PK + ризоагрин	2,35	4,41	5,08	3,95
4.PK + флавобактерин	3,55	3,87	3,64	3,69
5.PK + биоплант	2,85	3,36	3,58	3,26
6.N30PK + ризоагрин	2,68	4,44	5,60	4,23
7.N30PK + флавобактерин	3,70	3,97	4,80	4,16
8.N30PK + биоплант	2,94	4,53	5,08	4,18
9.N60PK	3,76	4,44	5,11	4,44

Полученный факт является свидетельством того, что за счет инокуляции концентрация азота в растениях повышается, видимо, за счет улучшения потребления его корнями, а также вследствие возможной фиксации азота микроорганизмами из атмосферы.

Положительное действие инокулянтов на концентрацию азота в растениях ячменя продолжалось и в фазу трубкования (табл. 1.25). На фоне без азотного удобрения использование ризоагрина и флавобактерина повышало содержание азота в биомассе ячменя как по сравнению с контролем, так и с фоном азотного удобрения. Отмеченная закономерность была явно выражена в относительно благоприятные годы, в экстремальный же 1999 г. возрастания концентрации азота в растениях от биопрепаратов не происходило. На фоне с внесением азотного удобрения положительное действие препаратов на содержание азота в растениях ячменя проявлялось только в один 1997 г., когда выпало количество осадков, близкое к многолетней норме, в другие же годы в этот период испытывался дефицит влаги.

Таблица 1.25. Концентрация азота в растениях ячменя в фазу трубкования, % на воздушно сухое вещество

Вариант	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Среднее
1.Контроль (PK)	1,75	1,60	3,22	2,19
2.N30PK	1,58	2,50	3,21	2,43
3.PK + ризоагрин	2,35	3,20	3,37	2,97
4.PK + флавобактерин	2,35	2,64	3,26	2,75
5.PK + биоплант	1,86	2,30	3,33	2,50
6.N30PK + ризоагрин	2,70	2,08	3,25	2,68
7.N30PK + флавобактерин	2,28	2,31	3,16	2,58
8.N30PK + биоплант	2,42	2,43	3,35	2,73
9.N600PK	2,50	2,86	3,38	2,91

В фазу колошения положительное действие биопрепаратов на содержание азота в растениях ячменя (табл. 1.26) сохранялось в годы с достаточным количеством атмосферных осадков выпавших в предыдущий период вегетации. На фоне без азотного удобрения лучше действовал ризоагрин, практически, во все годы проведения опыта. Концентрация азота в растениях при инокуляции семян этим препаратом возрастала по сравнению с неинокулированным контролем и фоном азота в дозе 30 кг/га. От биопланта содержание азота в растениях имело тенденцию к повышению при недостатке атмосферных осадков в 1998 и 1999 гг. При внесении азотного удобрения, практически, все изучаемые препараты способствовали тенденции повышения концентрации азота в растениях ячменя, кото-

рая была выражена только в годы с достаточным количеством осадков в предшествующий колошению период.

Таким образом, изучение концентрации азота в растениях ячменя в период онтогенеза свидетельствует о том, что положительная роль микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов начинает проявляться с фазы кущения ячменя, сохраняется в трубкование и в колошение. Наиболее отчетливо положительная роль инокуляции семян отмечается в годы с достаточным количеством осадков, при их недостатке биопрепараты, практически, не влияют на концентрацию азота в растениях в период онтогенеза. Из изучаемых препаратов лучше влиял на концентрацию азота в растениях ризоагрин.

Таблица 1.26. Концентрация азота в растениях ячменя в фазу колошения, % на воздушно сухое вещество

Вариант	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Средняя
1.Контроль (PK)	1,75	1,64	2,54	1,98
2.N30PK	1,58	1,76	2,68	2,01
3.PK + ризоагрин	2,34	1,79	2,78	2,30
4.PK + флавобактерин	1,70	1,68	2,54	1,97
5.PK + биоплант	1,85	1,92	2,70	2,16
6.N30PK + ризоагрин	1,71	1,87	2,70	2,09
7.N30PK + флавобактерин	1,95	1,83	2,65	2,14
8.N30PK + биоплант	1,83	1,84	2,50	2,06
9.N60PK	1,62	1,96	2,79	2,18

Накопление азота в растениях в период вегетации определяется многими факторами, среди которых основная роль принадлежит погодным условиям вегетационного периода и уровню азотного питания растений.

В фазу кущения от инокуляции всеми препаратами накопление азота превышало аналогичный показатель по сравнению неинокулированными растениями (табл. 1.27).

Как в отдельные годы, так и в среднем за 3 года опыта в фазу кущения ячменя на фоне без внесения азотного удобрения увеличение накопления растениями азота получено по ризоагрину и флавобактерину. На фоне с внесением азотного удобрения накопление азота инокулированными растениями в фазу кущения было примерно таким же как при внесении N30, но уступало применению азотного удобрения в более высокой дозе - N60.

За период от кущения до трубкования накопление азота ячменем существенно возросло вследствие интенсивного формирования биомассы. В годы с достаточным увлажнением (1997 и 1998) за счет биопрепаратов

ячменем накапливалось существенно больше азота, чем инокулированными растениями, и размеры его были примерно такими же, как при внесении под культуру азота в дозе из расчета 30 кг/га. На фоне с внесением азотного удобрения возрастание выноса этого элемента от инокулянтов наблюдалось только в 1997 г., что вероятно, связано с воздействием погодных условий этого периода вегетации, главным образом, из-за недостаточного увлажнения.

Таблица 1.27. Накопление азота растениями ячменя, мг/сосуд.
Среднее за 3 года

Вариант	Кущение	Трубкавание	Колошение
1.Контроль (ПК)	51	279	459
2.N30PK	96	334	589
3.ПК + ризоагрин	67	353	533
4.ПК + флавобактерин	66	315	511
5.ПК + биоплант	58	337	570
6.N30PK + ризоагрин	89	351	629
7.N30PK + флавобактерин	96	349	598
8.N30PK + биоплант	84	354	651
9.N600PK	109	489	773

Накопление азота растениями ячменя к фазе колошения существенно возросло в 1998 г., когда выпало значительное количество атмосферных осадков. Меньше увеличение получено в 1999 г., а в 1997 г. из-за резкого дефицита влаги возрастания выноса азота за период от трубкавания до колошения, практически, не отмечено (табл. 1.27).

Оценивая роль биопрепаратов в накоплении растениями азота, следует отметить, что на фоне без допосевного внесения азотного удобрения от всех препаратов оно увеличивалось примерно на 10 % по сравнению с инокулированными растениями. На фоне с внесением азотного удобрения накопление инокулированными растениями было выше чем при использовании только биопрепаратов или только одного азота в дозе N30, но уступало внесению N60.

Специфические условия азотного питания яровой пшеницы создаются при выращивании ее в чистом и в смешанном с бобовой культурой горохом [Лекомцев, 2002]. Азотные удобрения, внесенные до посева в возрастающих дозах, независимо от инокуляции и вида посева, повышали концентрации азота в растениях обеих культур во все фазы вегетации (табл. 1.28). N30 увеличило содержание азота в растениях пшеницы в фазу кущения по сравнению с фоном на 0,09%, N60 - на 0,23%; в фазу трубкавания - на 0,13% и 0,55%; в фазу цветения - на 0,25% и 0,37% соответ-

венно. У гороха внесение N30 и N60 увеличило содержание азота в фазу начала роста - на 0,28% и 0,45%; в фазу начала бутонизации - на 0,33% и 0,53%; в фазу цветения - на 0,21% и 0,31%. Независимо от фона азотного удобрения, инокуляция семян моносева пшеницы повышала содержание общего азота в фазу кущения - на 0,19%, трубкования на 0,13% и цветения на 0,03%.

В фазу начала роста и ветвления побегов гороха при инокуляции семян моносева бобовой культуры отмечена тенденция увеличения содержания общего азота в растениях, в фазы начала бутонизации и цветения, наоборот, к снижению.

Таблица 1. 28. Концентрация общего азота в растениях, % на сухое вещество. Среднее за 3 года

№ варианта	N0	N30	N60	N0	N30	N60	N0	N30	N60
	Пшеница								
	кущение			Трубкование			Цветение		
1.*	3,51	3,76	3,91	2,55	2,62	2,93	1,92	2,23	2,27
2.	3,77	3,78	4,21	2,57	2,67	3,25	2,01	2,24	2,25
5.	4,04	4,10	4,14	2,81	2,88	3,21	1,88	2,28	2,44
6.	3,99	4,02	4,10	2,59	2,89	3,30	1,99	2,23	2,45
7.	3,92	4,04	4,10	2,72	2,96	3,35	2,06	2,16	2,37
8.	4,07	4,12	4,23	2,75	2,78	3,30	2,09	2,29	2,37
Горох									
	начало роста и ветвления побегов			начало бутонизации			Цветение		
3.	3,76	4,01	4,03	3,27	3,68	3,72	2,59	2,74	2,95
4.	3,67	3,89	4,33	3,19	3,34	3,66	2,38	2,76	2,63
5.	3,58	3,83	4,06	3,26	3,34	3,45	2,42	2,76	2,90
6.	3,75	4,03	4,20	3,28	3,51	3,71	2,40	2,48	2,63
7.	3,95	4,11	4,22	3,14	3,44	3,73	2,46	2,72	2,71
8.	3,61	4,12	4,19	2,68	3,52	3,73	2,39	2,47	2,69

*Примечание: 1-Пшеница, 2-Пшеница + ризоагрин (РА), 3-Горох, 4-Горох + ризоторфин (РТ), 5-Пшеница + горох, 6-(Пшеница + РА) + горох, 7-Пшеница + (горох + РТ), 8-(Пшеница+РА) + (Горох + РТ).

Независимо от фона азотного удобрения и инокуляции семян компонентов азотфиксирующими препаратами, при выращивании пшеницы в смеси с горохом содержание общего азота в растениях яровой пшеницы по фазам вегетации существенно выше, чем в ее моносевах: в фазу ку-

шения - на 0.36 - 0.41%; трубкавания - на 0.23 - 0.31% и цветения - на 0.06 -0.11%.

Независимо от применяемых азотных удобрений, при инокуляции семян одного или обоих компонентов смеси биопрепаратами содержание общего азота в растениях гороха в фазу начала роста было выше, чем § монопосева. Аналогичное явление наблюдалось в смешанном посеве без инокуляции семян.

Накопление азота в растениях является отражением условий азотного питания и отмеченные ранее тенденции изменения величины биомассы и концентрации азота характерны и для этого показателя. Максимальное накопление азота в растениях яровой пшеницы и гороха по фазам вегетации происходило при внесении максимальной дозы азотного удобрения (табл. 1.29, 1.30).

Таблица 1.29. Динамика накопления азота растениями яровой пшеницы, г/100 растений. Среднее за 3 года

№	Вариант	N0	N30	N60
Кущение				
1.	Пшеница	1,27	1,59	2,06
2.	Пшеница + ризоагрин	1,52	1,73	2,11
5.	Пшеница + Горох	1,84	1,89	2,38
6.	(Пшеница + РА) + Горох	2,07	2,07	2,67
7.	Пшеница + (Горох + ризоторфин)	1,90	2,01	2,77
8.	(Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	2,03	2,29	2,70
Трубкавание				
1.	Пшеница	2,04	2,74	3,38
2.	Пшеница + ризоагрин	2,32	3,04	4,07
5.	Пшеница + Горох	2,47	3,49	4,21
6.	(Пшеница + РА) + Горох	3,12	3,76	4,89
7.	Пшеница + (Горох + ризоторфин)	3,16	3,73	4,90
8.	(Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	3,33	3,65	4,66
Цветение				
1.	Пшеница	1,83	2,48	2,78
2.	Пшеница + ризоагрин	2,12	2,62	3,50
5.	Пшеница + Горох	2,53	3,20	3,71
6.	(Пшеница + ризоагрин) + Горох	2,76	3,69	4,55
7.	Пшеница + (Горох + ризоторфин)	2,51	3,17	4,21
8.	(Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	2,64	4,07	4,15

Предпосевная инокуляция семян монопосева изучаемых культур увеличила накопление азота у злаковой и снижала его у бобовой культу-

ры. Использование соответствующих биопрепаратов увеличило накопление азота в смешанных посевах по сравнению с вариантом смешанного посева без инокуляции семян. За счет допосевого внесения N30 накопление этого элемента растениями пшеницы возросло в фазу кущения в среднем на 10,7%, N60 - на 37,9%, в фазу трубкования - на 23,7% и 58,4%; в фазу цветения - на 33,7% и 59,2% соответственно. Независимо от уровня азотного питания и вида посева инокуляция семян повышала накопление азота в растениях пшеницы во все фазы вегетации (0,15, 0,42 и 0,39 г/100 растений в фазу кущения, трубкования и цветения). При выращивании пшеницы в смешанном посеве с горохом, независимо от уровня азотного питания и инокуляции семян, накопление азота в растениях злаковой культуры возросло по сравнению с монопосевом: в фазу кущения - в 1,13.-1,43 раза, в фазу трубкования - в 1,25 раза и в фазу цветения - в 1,07.- 1,44 раза.

Независимо от инокуляции и вида посева, накопление азота растениями гороха при внесении N30 по сравнению с фоном РК возросло в фазу начала роста и ветвления побегов на 23,5%, N60 на 55,7%, в фазу бутонизации - на 41,0% и 76,5%; в фазу цветения - на 31,6% и 66,4% соответственно (табл. 1.30). Инокуляция семян бобовой культуры в монопосеве снижала накопление азота в растениях во все фазы вегетации, а в смешанных посевах приводила к его повышению растениями злаковой культуры. С возрастанием доз азотного удобрения во все фазы вегетации, независимо от инокуляции, в смешанном посеве отмечена тенденция снижения доли накопленного азота растениями пшеницы от общего его содержания в растениях изучаемых культур смешанного посева. Инокуляция семян одного или обоих компонентов смеси увеличивала накопление азота пшеницей в фазы трубкования и цветения. Накопление азота растениями гороха независимо от инокуляции семян компонентов смеси при внесении N30 имело тенденцию к возрастанию. При дальнейшем увеличении дозы азота накопление этого элемента в растениях гороха в смешанных посевах по фазам вегетации несколько снижалось.

Инокуляция семян одного или обоих компонентов смеси увеличила накопление азота в горохе только в фазу начала роста и ветвления побегов (табл. 1.30). В фазу начала бутонизации бобовой культуры содержание общего азота в растениях гороха смешанного посева с инокуляцией одного из компонентов смеси возросло по сравнению с инокулированным монопосевом, но ниже, чем в монопосеве без инокуляции. В фазу цветения гороха содержание общего азота в растениях в вариантах смешанного посева без инокуляции и с инокуляцией семян бобового компонента смеси было выше, чем в варианте его монопосева с обработкой семян ризоторфином.

Таблица 1.30. Динамика накопления азота растениями гороха по фазам вегетации, г /100 растений. Среднее за 1998-2000 гг.

№	Вариант	N0	N30	N60
начало роста и ветвления побегов				
2.	Горох	2,17	2,53	3,26
3.	Горох + ризоторфин	1,92	2,51	3,10
5.	Пшеница + Горох	2,14	2,42	2,93
6.	(Пшеница + ризоагрин) + Горох	2,39	2,99	3,91
7.	Пшеница + (Горох +ризоторфин)	2,39	2,66	3,81
8.	(Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	2,27	3,27	3,63
начало бутонизации				
2.	Горох	4,12	5,51	7,13
3.	Горох + ризоторфин	3,35	5,35	6,89
5.	Пшеница + Горох	3,87	5,39	6,33
6.	(Пшеница + ризоагрин) + Горох	4,25	5,81	7,38
7.	Пшеница + (Горох +ризоторфин)	4,31	5,57	7,19
8.	(Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	3,81	5,78	6,58
Цветение				
2.	Горох	4,57	5,98	7,43
3.	Горох + ризоторфин	4,12	5,56	7,31
5.	Пшеница + Горох	4,56	5,74	7,01
6.	(Пшеница + ризоагрин) + Горох	4,57	6,00	7,71
7.	Пшеница + (Горох +ризоторфин)	4,83	5,92	7,82
8.	(Пшеница+ризоагрин)+(Горох+ризоторфин)	4,53	6,53	7,99

Следовательно, инокуляция семян бобовой и злаковой культур, выращиваемых в чистых и смешанных посевах положительно сказывается на азотном питании растений, особенно это проявляется на яровой пшенице смешанного посева, где возможно, происходит перераспределение азота от бобового к злаковому компоненту [Трепачев, 1999].

В полевом опыте на черноземе обыкновенном применение азотного удобрения и биопрепаратов положительно сказалось на улучшении минерального питания растений кукурузы, возделываемой на зерно. Об этом свидетельствует изменение содержания в растениях элементов минерального питания (табл. 1.31).

В частности, в фазу 10-12 листьев в результате инокуляции семян мобилином увеличивалась концентрация в растениях азота, фосфора и калия на обоих фонах минеральных удобрений. На фоне с внесением фосфорного удобрения повышалось содержание в растениях фосфора при инокуляции семян биопрепаратами на основе *Pseudomonas* шт. 2137 и 2184. В фазу цветения кукурузы на фоне Р60 за счет инокуляции семян

штаммом 2184 возрастало содержание в растениях азота и калия, от штамма 2137 - калия.

Таблица 1.31. Содержание азота, фосфора и калия в растениях кукурузы на черноземе обыкновенном, % на сухое вещество. Среднее за 2000-2002 г.г.

Вариант	10-12 листьев			Цветение		
	N	P	K	N	P	K
1. P60 - фон 1 (Ф1)	2,72	0,44	2,19	2,49	0,30	1,38
2. Ф1 +Ps. шт.2137	2,75	0,47	2,11	2,52	0,33	1,50
3.Ф1 +Ps. шт.2184	2,73	0,51	2,24	2,63	0,31	1,61
	2,91	0,47	2,40	2,55	0,34	1,49
5. N60P60 - фон 2(Ф2)	2,67	0,46	2,06	2,61	0,43	1,64
6. Фг + Ps. шт.2137	2,59	0,47	2,14	2,60	0,32	1,69
7. Ф2 + Pв. шт. 2184	2,74	0,47	2,10	2,50	0,30	1,70
8. Ф2 + мобилин	2,82	0,52	2,27	2,49	0,31	1,46
9.N120P60	2,74	0,45	2,05	2,49	0,34	1,45

В фазу 10-12 листьев за счет биопрепаратов, изготовленных на основе *Pseudomonas* (шт. 2137 и 2184), увеличивалось накопление в растениях азота на 10-12% и на 20% при инокуляции мобилином, что приближалось к действию азотного удобрения в дозе N60 (25%). На фоне N60P60 в эту фазу биопрепараты не изменяли накопление азота в растениях кукурузы. Накопление фосфора в растениях в фазу 10-12 листьев кукурузы на фоне P60 возрастало на 16-28% в результате инокуляции семян биопрепаратами, при этом наиболее эффективным был *Pseudomonas* штамм 2184 (табл. 1.32).

Таблица 1.32. Накопление азота, фосфора и калия в растениях кукурузы в зависимости от удобрения и биопрепаратов на черноземе обыкновенном, г/10 растений. Среднее за 3 года.

Вариант	10-12 листьев			Цветение		
	N	P	K	N	P	K
1. P60 - фон 1 (Ф1)	19,9	3,2	16,0	27,6	3,3	15,3
2. Ф1 +Ps. шт.2137	21,9	3,7	16,9	30,8	4,0	18,4
3.Ф1 +Ps. шт.2184	22,3	4,1	18,3	29,9	3,5	18,4
4. Ф1 + мобилин	23,8	3,9	19,5	29,0	3,8	16,9
5. N60P60 - фон 2 (Ф2)	24,7	4,3	19,1	33,7	5,5	21,2
6. Ф2 + Ps. шт.2137	23,8	4,5	19,9	33,9	4,2	21,9
7. Ф2 + Pв. шт.2184	24,6	4,2	18,8	32,2	3,8	21,8
8. Ф2 + мобилин	25,2	4,6	20,3	32,6	4,1	19,0
9. N120P60	23,4	3,8	17,4	30,9	4,2	17,6

На фоне NP-удобрений изучаемые инокулянты, практически, не влияли на накопление в растениях фосфора в фазу 10-12 листьев, однако имело место слабая тенденция его увеличения при использовании *Pseudamonas* шт. 2137 и мобилина на фоне N60P60.

В фазу 10-12 листьев инокуляция семян кукурузы *Pseudamonas* шт. 2137 обеспечила тенденцию накопления калия в растениях (6%), штамм 2184 и мобилин повышали на 14 и 22%. На фоне N60P60 отмечена лишь тенденция увеличения накопления калия в растениях при использовании мобилина и штамма 2137 (6%). Внесение под кукурузу N60 увеличило накопление в растениях азота, фосфора и калия, которое достигало к фону P60 в среднем за 2 года соответственно 22%, 67% и 39%. При возрастании дозы азотного удобрения в два раза, изменений накопления NPK в растениях не происходило. В фазу цветения кукурузы в инокулированных *Pseudamonas* шт. 2137 и мобилином растениях на фоне P60 увеличилось накопление фосфора и калия, *Pseudamonas* шт. 2184 - калия. На фоне N60P60 изменений накопления азота, фосфора и калия в растениях под действием биопрепаратов не происходило.

Увеличение концентрации и накопления в растениях элементов минерального питания свидетельствует об улучшении условий питания растений кукурузы за счет применения биопрепаратов.

При оценке действия тех же препаратов на растения силосной кукурузы, выращиваемой на светло-серой лесной почве было выявлено, что в фазу 10-12 листьев азотное удобрение и биопрепараты слабо влияли на концентрацию азота в растениях кукурузы (табл. 1.33). В цветение проявилось положительное действие всех изучаемых инокулянтов на содержание азота в растениях на фоне PK, а на фоне N60P45K60 только биопрепаратов, изготовленных на основе штамма 2184 и мобилина. В фазе молочно-восковой спелости початков произошло снижение концентрации N в инокулированных растениях в результате ростового разбавления. Это характерно только для фона без азотного удобрения, при его внесении изучаемые биопрепараты, наоборот, способствовали некоторому повышению концентрации N в растениях, свидетельствующее о стимулировании микроорганизмами поглощения азота.

Накопление азота в растениях в фазе 10-12 листьев за счет внесения азотного удобрения возрастало в 1,5-2 раза (табл. 1.33). Инокуляция семян кукурузы всеми биопрепаратами увеличила накопление азота в растениях на фоне PK, на фоне NPK это имело место в меньшей степени.

В фазе цветения увеличение накопления азота в растениях кукурузы под воздействием биопрепаратов происходило только на фоне P45K60,

при этом большей эффективностью характеризовался штамм 2137 и мобилин.

В фазу молочно-восковой спелости накопление азота в растениях в оба года проведения опыта увеличивалось от инокуляции на фоне без внесения азотного удобрения, а на фоне с азотом, только в 2000 г.

Таблица 1.33. Накопление азота в растениях кукурузы в зависимости от применения удобрений и биопрепаратов, среднее за два года.

Вариант	10-12 листьев		Цветение		Молочная спелость	
	%	г/ 1 раст.	%	г/ 1 раст.	%	г/ 1 раст.
1. P45K60 - фон 1 (Ф1)	2,78	0,16	1,66	1,33	1,28	1,20
2. Ф1 +Ps. шт. 2137	2,98	0,27	2,09	2,01	1,10	1,34
3. Ф1 +Ps. шт. 2184	2,55	0,27	1,82	1,68	1,14	1,57
4. Ф1 + мобилин	2,66	0,23	1,76	2,14	1,08	1,38
5. K60P45K60-фон2(Ф2)	2,71	0,25	1,70	2,13	1,19	1,48
6. Ф2 + Ps. шт. 2137	3,13	0,32	1,66	1,97	1,39	1,65
7. Ф2 + Ps. шт. 2184	3,01	0,26	1,81	2,13	1,53	1,67
8. Ф2 + мобилин	3,16	0,27	1,81	2,05	1,42	2,00
9. N90P45K60	2,99	0,31	1,85	2,07	1,22	1,82

Таблица 1.34. Влияние инокуляции на содержание элементов питания в растениях кукурузы в фазу выметывания метелки на черноземе обыкновенном, % на воздушно-сухое вещество. 1997 г.

Вариант	Надземная масса			Корни		
	N	P	K	N	P	K
Кавказ 412 СВ						
1. Без удобрений	1,20	0,28	1,64	1,20	0,28	2,04
2. Флавобактерин	1,20	0,21	1,68	1,20	0,21	2,08
3. P113	1,20	0,24	1,70	1,20	0,24	2,10
4. P113 + флавобактерин	1,80	0,29	1,66	1,80	0,29	2,06
5. N152P113	2,00	0,21	1,65	2,00	0,21	2,05
6. N77P113 + флавобактерин	1,50	0,24	1,60	1,50	0,24	2,00
КООС 600 СВ						
1. Без удобрений	1,35	0,23	1,75	1,35	0,23	2,25
2. Флавобактерин	2,03	0,27	2,05	2,03	0,27	2,45
3. P113	2,03	0,26	1,72	2,03	0,26	2,12
4. P113 + флавобактерин	2,10	0,35	1,94	2,10	0,35	2,34
5. N152P113	1,58	0,27	1,61	1,58	0,27	2,01
6. N77P113 + флавобактерин	1,68	0,24	1,82	1,68	0,24	2,22

Положительная роль инокуляции на условия минерального питания кукурузы на зерно отмечена не только в увеличении концентрации химических элементов в надземной массе, но и в корнях растений [Завалин, Азубеков, Шалов, 2000]. Так, использование для инокуляции семян флавобактерина улучшало обеспеченность гибридов кукурузы элементами питания в период вегетации (табл. 1.34), вероятно, как в результате фиксации азота из воздуха, а также усиления поглощения азота, фосфора и калия из почвы. Улучшение обеспеченности фосфором и калием начинается с фазы 10-12 листьев и сохраняется в цветении.

Улучшение условий минерального питания при использовании биопрепаратов, изготовленных на основе ассоциативных микроорганизмов отмечают другие исследователи. Так исследованиями кафедры МСХА им. К.А.Тимирязева, Университета им. Гумбольта в Берлине и Института почвоведения и фотосинтеза РАН [Потапова, 1997] было выявлено, что на эффективность инокуляции *Pseudomonas sp.* семян столовой свеклы существенное влияние оказывали почвенные условия. Максимальное накопление биомассы растений от инокуляции псевдомонадами получено на почве невысокого плодородия (серой лесной с добавлением песка). Возможно, это связано с ролью гранулометрического состава (количество почвенных частиц, имеющих размер 1 - 0,25 мм и придающих почве рыхлость и высокую водоотдачу, было весьма велико - 67%, что обусловило хорошую аэрацию почвы и, соответственно, благоприятные условия для развития аэробных бактерий.

Аналогичные данные получены на пойменной почве, среднего плодородия, но, обладающей благоприятными условиями для функционирования псевдомонад. На почве высокого плодородия, в которую вносили навоз, эффекта от инокуляции не получено. Установлена слабая эффективность псевдомонад на дерново-подзолистой почве, что связано с повышенным содержанием *Al, Fe* и другими факторами.

Наиболее высокий вынос азота растениями столовой свеклы наблюдался от бактериализации на серой лесной почве разбавленной песком и пойменной почвах. При этом инокуляции семян столовой свеклы в других почвенно-экологических условиях способствовала значительному усилению выноса азота растениями. Это автор связывает с существующей азотфиксирующей способностью псевдомонад, а также их ростстимулирующей особенностью для развития корневой системы, что обусловило улучшение использования почвенного азота.

В исследованиях МГУ им. М.В.Ломоносова [Минеев, Шабаев, Сафрина, 1992а, 1992б, Сафрина, 1997] инокуляция столовой свеклы бактериями рода *Pseudomonas* приводила к значительному увеличению площади листьев и интенсивности CO_2 -газообмена общей листовой поверхно-

стью в период вегетации. Наибольший стимулирующий эффект псевдомонад на эти процессы проявлялся в середине и во второй половине вегетации. В этот период площадь листьев инокулированных растений была на 43-54%, а интенсивность фотосинтеза - в 1,6-1,8 раза выше контрольных. СО₂-газообмен под влиянием псевдомонад возрастал во второй половине вегетации за счет увеличения листовой поверхности при практически неизменной интенсивности этого процесса на единицу поверхности листьев.

При инокуляции растений псевдомонадами установлено усиление активности нитратредуктазы в листьях, практически, в течение всего вегетационного периода, при этом большие значения нитратредуктазной активности в листьях инокулированных растений обусловлены усилением накопления в них нитратов. Активность этого фермента возрастала по мере роста растений, а накопление нитратов в листьях имело обратную зависимость: их максимум был в начальные периоды роста растений, минимум - в конце опыта.

Под влиянием псевдомонад усиливался синтез белковых соединений в растениях. Содержание водорастворимых углеводов в растениях в процессе роста столовой свеклы в большей степени было подвержено изменениям в течение вегетационного периода и в меньшей степени зависело от бактерий. При этом количество углеводов в инокулированных растениях (в пересчете на сухую массу) было существенно выше, чем в контрольных.

Исследованные псевдомонады значительно стимулировали ростовые процессы столовой свеклы, усиливали интенсивность фотосинтетической активности некоторых биохимических процессов в растениях. Усиление активности азотфиксации в ризосфере инокулированных растений обусловлено повышением интенсивности фотосинтеза. Активность diazotrophic бактерий в ризосфере небобовых растений в значительной степени зависит от источников энергии для гетеротрофных бактерий, какими являются корневые выделения, количество которых определяется интенсивностью фотосинтеза [Умаров, 1986].

Под влиянием микроорганизмов увеличивается вынос растениями *P*, *K*, *Ca*, *Mg*, *Fe*, *Mn*, *Co*, *Cu*, и *Mo*. Стимуляция роста, увеличение урожая столовой свеклы, выноса растениями питательных веществ, а также усиление нитрогеназной активности в ризосфере при применении псевдомонад связано, также с повышением доступности и поглощения элементов минерального питания из почвы как растениями так и бактериями. Вынос питательных элементов растениями в варианте с псевдомонадами повышался, главным образом, в результате увеличения биомассы. Концентра-

ции большинства элементов в инокулированных растениях не изменялись или незначительно снижались.

Итак, инокуляция семян небобовых культур препаратами ризосферных микроорганизмов положительно сказывается на обеспеченности растений, главным образом, азотом, а также в отдельных случаях улучшается их фосфорное и калийное питание. Действие биопрепаратов на условия минерального питания растений обусловлено внешними факторами, количеством атмосферных осадков в период вегетации, уровнем плодородия почвы, дозы вносимых под культуру минеральных удобрений, вида посева, и внутренними факторами генотипом и видом растений, штаммом микроорганизмов.

1.5. Биоконтрольное действие препаратов

Ранее отмечалось, что микроорганизмы, входящие в состав биопрепаратов, способны подавлять развитие патогенной микрофлоры на культурных растениях, семена (или клубни) которых были инокулированы.

В полевых опытах с различными культурами установлено положительное действие микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов на подавление патогенной микрофлоры.

Так на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве развитие и распространенность корневых гнилей на озимой пшенице определялось действием биопрепаратов ризоагрин и флавобактерин (табл. 1.35).

Таблица 1.35. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на развитие и распространенность корневых гнилей на озимой пшенице, %

Вариант	1998 г.		1999 г.		2000 г.		2001 г.	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2
1. Без удобрений	25,0	2,5	20,8	1,5	30,1	2,3	22,4	1,9
2. P45K60 - фон 1	22,5	1,5	17,2	1,5	27,5	2,0	21,6	1,6
3. Ф1 + ризоагрин (РА)	16,6	1,2	15,8	1,0	25,1	1,4	19,5	1,2
4. Ф1+флавобактерин(ФБ)	17,0	1,0	15,5	1Д	24,0	1,3	18,9	1,1
5. Ф1 +РА + ФБ	13,5	1,0	12,5	1,0	22,1	1,2	18,2	1,0
6. N30P45K60 - фон 2	20,8	1,4	16,3	1,4	26,3	1,8	19,7	1,5
7. Ф2+ризоагрин	15,8	1,2	14,2	1,0	24,2	1,5	16,2	0,8
8. Ф2+флавобактерин	15,0	1,1	14,0	1,0	23,8	1,4	15,7	0,8
9. Ф2 + РА + ФБ	12,5	1,0	13,1	1,0	20,1	1,1	12,5	0,5
10. N30P45K60+ N30 весной	20,1	1,3	16,1	1,2	25,2	1,5	20,8	1,2

*Примечание: в графе 1- развитие, в графе 2- распространение корневых гнилей.

Так развитие корневых гнилей в 1998 г. за счет инокуляции снизилось на фоне P45K60 в 1,4 раза, на фоне N30P45K60 в 1,45 раза. При этом, внесение минеральных удобрений снизило развитие корневых гнилей в этом году в 1,15 раза. В 1999 г. использование биопрепаратов положительно отразилось на подавлении корневых гнилей, снижение этого показателя за счет инокуляции биопрепаратами как на фосфорно-калийном фоне, так и на фоне с внесением полного минерального удобрения составило - 1,18 раза. В 2000 г. отмечено максимальное развитие корневых гнилей в результате неблагоприятного воздействия погодных условий. Вместе с тем, применение биопрепаратов снижало пораженность растений корневыми гнилями на обоих фонах внесения минеральных удобрений в 1,16 раза.

Распространенность корневых гнилей характеризует количество пораженных растений (табл. 1.35). Во все годы исследований распространенность корневых гнилей озимой пшеницы не превышала 2,5-0,5% и зависела от погодных условий вегетационного периода. Применение для инокуляции семян биопрепаратов ризоагрин, флавобактерин и их смеси в половинных дозах снизило распространенность корневых гнилей озимой пшеницы.

Перезимовка озимой пшеницы во многом зависела от погодных условий вегетационного периода. При неблагоприятных условиях перезимовки 1999-2000 г. гибель растений составила 48-63% (табл. 1.36). Вместе с тем, даже в этих условиях применение биопрепаратов снизило гибель растений за период перезимовки в 1,12 раза на фоне внесения РК-удобрений. В перезимовку 1997-1998 вегетационного года действие биопрепаратов не проявилось.

Таблица 1.36. Влияние удобрений и биопрепаратов на гибель растений озимой пшеницы, %

Вариант	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001
	гг.	гг.	гг.	гг.
1. Без удобрений	29,8	30,5	62,6	27,9
2. P45K60 - фон 1 (Ф1)	29,7	30,1	56,2	27,0
3. Ф1 + ризоагрин	28,5	29,9	50,5	26,5
4. Ф1 + флавобактерин	29,0	28,8	51,2	26,6
5. Ф1+ризоагрин+флавобактерин	27,6	28,0	48,9	25,7
6. N30P45K60 - фон 2 (Ф2)	28,5	28,3	51,3	26,7
7. Ф2+ризоагрин	26,4	28,0	50,2	25,7
8. Ф2+флавобактерин	27,0	27,9	51,9	25,8
9. Ф2+ризоагрин+флавобактерин	25,4	27,6	47,5	25,0
10. N30P45K60+N30 весной	26,0	27,7	49,1	25,3

За вегетационный период 1998-1999 гг. отмечена слабая тенденция повышения устойчивости растений озимой пшеницы за осенне-зимний период вегетации растений. То же самое можно отметить и по результатам вегетационного периода 2000-2001 гг.

Исследования развития корневых гнилей на посевах озимого тритикале показали, что оно зависело, главным образом, от погодных условий вегетационного периода (табл. 1.37). В 2000 г. развитие корневых гнилей было существенно меньше. В 1998 г. на фоне с внесением азотного удобрения применение биопрепаратов, особенно смеси ризоагрина и флавобактерина снизило развитие корневых гнилей в 1,13-1,36 раза. В условиях 2000 г. бинарная инокуляция уменьшила развитие корневых гнилей 1,22 раза на фоне РК-удобрений и в 1,30 раза на фоне NPK.

Пораженность растений корневыми гнилями в оба года исследований была не велика, однако явно проявлялось антифунгицидное действие биопрепаратов (табл. 1.37). Использование их снизило распространение корневых гнилей на фоне с внесением фосфорно-калийных удобрений от ризоагрина в 1,28 раза, от флавобактерина в 1,45 раза, от смеси этих препаратов - в 1,68 раза, на фоне с внесением полного минерального удобрения это снижение от препаратов составило соответственно - 1,33, 1,27 и 1,65 раза (табл. 1.37).

Таблица 1.37. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на развитие и распространенность корневых гнилей на озимое тритикале, %

Вариант	1998 г.		2000 г.		Гибель за перезимовку	
	1*	2*	1	2	1997-1998 гг.	1999-2000 гг.
1. Без удобрений	18,7	2,0	12,5	1,7	18,5	47,5
2. P45K60 - фон 1 (Ф1)	17,5	1,8	11,6	1,4	17,1	42,0
3. Ф1 + ризоагрин (РА)	17,0	1,5	11,2	1,0	16,2	40,5
4. Ф1+флавобактерин (ФБ)	16,5	1,2	10,9	1,0	17,0	41,6
5. Ф1+РА+ФБ	16,0	1,2	9,5	0,7	15,9	40,0
6. Ю0Р45К60-фон 2 (Ф2)	17,1	1,6	11,8	1,2	15,4	40,5
7. Ф2+ризоагрин	15,2	1,5	10,1	0,6	15,0	39,8
8. Ф2+флавобактерин	14,8	1,3	11,0	0,9	14,9	40,0
9. Ф2+РА+ФБ	12,6	1,1	9,1	0,6	14,0	38,2
10. N30P45K60 + N30 весной	17,0	1,4	11,0	1,0	14,5	39,0

*Примечание: в графе 1- развитие, в графе 2- распространение корневых гнилей.

Несмотря на то, что в 2000 г. развитие и распространенность корневых гнилей была меньше, чем в 1998 г. количество погибших растений в 2000 г. было существенно меньше. В оба года отмечена слабая тенденция

увеличения количества перезимовавших растений при обработке семян биопрепаратами и как, правило, выше этот показатель получен при использовании для инокуляции смеси ризоагрина и флавобактерина (табл. 1.37).

В среднем за 4 года исследований распространенность корневых гнилей озимой ржи была максимальная на контроле - 2,2% (табл. 1.38).

Таблица 1.38. Влияние биопрепаратов и удобрений на распространенность корневых гнилей озимой ржи, %

Вариант	Годы				Среднее за 4 года
	1998	1999	2000	2001	
Без удобрений	1,5	1,8	3,0	2,6	2,2
P45K60 - фон 1 (Ф1)	1,0	0,5	3,1	1,4	1,5
Ф1 + ризоагрин	0,5	1,0	2,1	1,0	1,2
Ф1 + флавобактерин	1,1	1,2	1,2	1,5	1,3
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	1,0	1,0	1,4	1,2	1,2
N30P45K60 - фон 2 (Ф2)	1,0	0,5	1,6	1,2	1Д
Ф2 + ризоагрин	1,0	1,5	2,2	0,8	1,4
Ф2 + флавобактерин	1,2	1,0	0,8	1,6	1,2
Ф2 + ризоагрин +флавобактерин	1,0	1,0	1,9	1,0	1,2
N30P45K60 + N30 весной	1,0	1,2	1,3	1,4	1,2

Если на фоне без внесения N -удобрения распространенность корневых гнилей изменялась по годам от 0,5 до 3,1%, то на фоне всех трех удобрений этот показатель менялся соответственно от 0,5 до 1,6%. По результатам данных учета заболеваемости растений можно сделать вывод, что от обработки семян биологическими препаратами перед посевом наблюдается тенденция снижения распространенности корневых гнилей озимой ржи. В среднем за 4 года на первом фоне удобренности ризоагрин и смесь половинных доз препаратов одинаково снизили распространённость корневых гнилей. Флавобактерин по этому показателю незначительно уступал двум предыдущим вариантам (1,3%). На втором минеральном фоне распространение корневых гнилей (1,2%) отмечено на варианте с флавобактерином, смеси препаратов и на варианте внесения азота весной. Ризоагрин на этом фоне несколько слабее снижал распространённость корневых гнилей озимой ржи распространенность составила 1,4%.

На варианте без применения удобрений и биологических препаратов развитие корневых гнилей озимой ржи было максимальным и изменялось по годам от 1,6 до 2,5%. В среднем за 4 года этот показатель на контроле составил 2,1%. Наблюдалась тенденция снижения развития болезни от применения минеральных удобрений и инокуляции семян несимбиотиче-

скими диазотрофами. Сбалансированное минеральное питание снизило развитие болезни, в среднем за 4 года на фоне P45K60 оно составило 1,8%, на фоне N30P45K60 - 1,7%. На первом минеральном фоне ризоагрин и флавобактерин одинаково влияли на развитие корневых гнилей озимой ржи. Действие смеси препаратов несколько уступало по сравнению с раздельным их применением. На втором минеральном фоне флавобактерин и смесь половинных доз препаратов были одинаково эффективны по сравнению с ризоагрином (табл. 1.39).

Таблица 1.39. Влияние биопрепаратов и удобрений на развитие корневых гнилей озимой ржи, %

Вариант	Годы				Среднее за 4 года
	1998	1999	2000	2001	
Без удобрений	2,5	1,9	2,3	1,6	2,1
P45K60 - фон 1	1,8	1,6	2,2	1,5	1,8
Ф1 + ризоагрин	1,3	1,3	2,0	1,3	1,5
Ф1 + флавобактерин	1,3	1,4	2,0	1,4	1,5
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	1,4	1,4	2,1	1,3	1,6
N30P45K60 - фон 2	1,9	1,4	2,2	1,4	1,7
Ф2 + ризоагрин	1,3	1,3	1,9	1,3	1,5
Ф2 + флавобактерин	1,3	1,3	1,9	1,2	1,4
Ф2+ ризоагрин +флавобактерин	1,2	1,2	1,8	1,2	1,4
N30P45K60 + N30 весной	1,9	1,4	2,0	1,4	1,7

Изучаемые факторы влияли на перезимовку озимой ржи (табл. 1.40). В 1998 г. гибель растений озимой ржи на контрольном варианте составила 20,6%. Применение фосфорно-калийных удобрений снизило гибель растений до 19,5%. Благодаря обработке семян ризоагрином, на этом фоне растения сохранились лучше, гибель составила 17,2%. Одинаково влияли на первом минеральном фоне флавобактерин и смесь двух препаратов - погибло только 17% растений. Внесение N30 на фоне P45K60 обеспечило сохранность 81,3% растений озимой ржи. Ризоагрин и флавобактерин на втором минеральном фоне практически одинаково снизили гибель посевов озимой ржи (16,0% и 16,4% соответственно). Эффект от применения смеси препаратов на этом фоне был несколько лучше, гибель составила 15,0%. Лучше всего растения озимой ржи сохранились благодаря своевременной весенней подкормке азотным удобрением (погибло 13,0% растений).

Теплая зима 1998-1999 гг. отрицательно отразилась на перезимовке озимой ржи, гибель растений на контроле составила 29,5%. Первый фон

минеральных удобрений Р45К60 незначительно снизил число погибших растений (26,9%).

Таблица 1.40. Влияние биопрепаратов и удобрений на гибель озимой ржи, %

Вариант	Годы				Средняя
	1998	1999	2000	2001	
Без удобрений	20,6	29,5	30,1	18,1	24,6
Р45К60 - фон 1 (Ф1)	19,5	26,9	27,3	15,5	22,3
Ф1 + ризоагрин	17,2	21,9	23,3	14,5	19,2
Ф1 + флавобактерин	17,0	22,1	23,7	14,6	19,4
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	17,0	21,2	23,5	14,6	19,1
Н30Р45К60 - фон 2 (Ф2)	18,7	26,0	24,5	13,5	20,7
Ф2 + ризоагрин	16,0	21,0	17,3	12,0	16,6
Ф2 + флавобактерин	16,4	20,0	17,2	11,5	16,3
Ф2+ ризоагрин +флавобактерин	15,0	20,4	17,9	11,0	16,3
Н30Р45К60 + Н30 весной	13,0	20,2	15,3	12,7	15,3

Обработка семян перед посевом биологическими препаратами эффективнее повлияла на перезимовку растений: при применении ризоагрина погибло 21,9% растений, флавобактерина - 22,1%, смеси препаратов - 21,2%. Второй минеральный фон Н30Р45К60 обеспечил сохранность 74% растений. На этом фоне лучше сохранились растения, выросшие из семян, обработанных флавобактерином (80,0%). Гибель растений на этом фоне при обработке ризоагрином составила 21,0%, смесью ризоагрина и флавобактерина - 20,4%. Азотная подкормка на фоне Н30Р45К60 обеспечила перезимовку 79,8% растений.

Теплая и многоснежная зима 1999-2000 года хуже всех сказалась на перезимовке озимой ржи. На контрольном варианте в этот год погибло 30,1% растений. Фосфорно-калийные удобрения сократили число погибших растений до 27,3%. Инокуляция семян ризоагрином на этом фоне снизила гибель растений до 23,3%, смесь препаратов - 23,5%. флавобактерин - 23,7%. Фон минеральных удобрений Н30Р45К60 эффективнее отразился на перезимовке озимой ржи по сравнению с безазотным, гибель при этом на 2,8% была ниже. Лучше влияла обработка семян ризоагрином и флавобактерином на перезимовку растений озимой ржи на втором минеральном фоне, гибель составила соответственно 17,3% и 17,2%. Незначительно хуже была сохранность растений на этом фоне при применении смеси двух препаратов (17,9%). Максимальную сохранность обеспечила весенняя азотная подкормка на фоне Н30Р45К60 - 15,3%.

Наилучшим для зимовки озимых был 2001 г., на контроле гибель растений составила 18,1%. Применение фосфорно-калийных удобрений

сократило число погибших растений до 15,5%. Применение биологических препаратов на этом минеральном фоне положительно влияло на перезимовку озимой ржи. Инокуляция семян ризоагрином обеспечила сохранность 85,5% растений. Действие флавобактерина и смеси двух препаратов на первом минеральном фоне было равнозначным, гибель растений достигла 14,6%. На фоне N30P45K60 растения озимой ржи сохранились ещё лучше, процент перезимовавших растений составил 86,5. На этом минеральном фоне инокуляция семян смесью препаратов сохранила максимальное количество растений (89,0%). Флавобактерин обеспечил перезимовку 88,5% растений, а ризоагрин - 88,0%. Ранняя весенняя подкормка азотным удобрением снизила гибель растений до 12,7%.

В среднем за 4 года исследований число погибших растений озимой ржи на контроле составило 24,6%, минеральные удобрения снизили этот показатель до 22,3% (фон P45K60) и 20,7% (фон N30P45K60). Ризоагрин и смесь препаратов на первом минеральном фоне практически одинаково повлияли на перезимовку растений (гибель составила соответственно 19,2% и 19,1%). Примерно также на этом фоне действовал флавобактерин (гибель растений - 19,4%). Инокуляция семян флавобактерином и смесью препаратов положительно влияла на перезимовку растений на втором минеральном фоне, погибло 16,3% растений. Незначительно меньший эффект на этот показатель оказал ризоагрин (16,6%). В среднем за 4 года исследований максимальная сохранность растений обеспечена подкормкой озимой ржи азотным удобрением весной (гибель растений - 15,3%).

Влияние биопрепаратов и удобрений на распространенность корневых гнилей ячменя также зависело от условий минерального питания растений и применения биопрепаратов (табл. 1.41).

Таблица 1.41. Влияние биопрепаратов и удобрений на распространенность корневых гнилей ячменя, %

Вариант	Годы			Средняя за 3 года
	1999	2000	2001	
Без удобрений	40,8	30,9	20,1	30,6
P30K60 - фон 1	38,1	27,0	19,0	28,0
Ф1 + ризоагрин	35,4	22,5	17,9	25,3
Ф1 + флавобактерин	32,3	22,6	17,8	24,2
N30P30K60 - фон 2	39,0	25,4	12,0	25,5
Ф2 + ризоагрин	35,4	19,9	11,1	21,1
Ф2 + флавобактерин	34,5	20,0	11,0	21,8

Ячмень наиболее поражаемая корневыми гнилями среди зерновых культур. В 1999 г. распространенность корневых гнилей на контроле со-

ставила 40,8%. Минеральные удобрения слабо изменяли распространённость корневых гнилей: на фоне P30K60 она составила 38,1%, на фоне N30P30K60 - 39,0%. Обработка семян биопрепаратами снизила распространённость корневых гнилей. Распространённость корневых гнилей ячменя на контроле в 2000 г. составила 30,9%. Тенденция снижения распространённости корневых гнилей от минеральных удобрений и биологических препаратов сохранилась и в этом году. В 2000 г. ризоагрин и флавобактерин практически одинаково влияли на этот показатель на обоих минеральных фонах. В 2001 г. распространённость корневых гнилей на контроле составила 20,1%. Эффективность действия удобрений и биопрепаратов на снижение распространения заболевания корневой системы в этот год была максимальной. Сбалансированное минеральное питание (фон N30P30K60) положительно влияло на снижение распространения корневых гнилей ячменя лучше, чем безазотный фон P30K60 (19,0 и 12,0%).

В среднем за 3 года исследований на контроле отмечена распространённость корневых гнилей - 30,6%. Минеральные удобрения снижали заболеваемость корневыми гнилями, при этом полный фон минеральных удобрений был более эффективным. Снижение распространения болезни ячменя на первом минеральном фоне от биопрепаратов на обоих фонах удобренности (табл. 1.40).

Исследования показали (табл. 1.41), что развитие корневых гнилей на ячмене было значительно выше по сравнению с озимыми культурами отмечена тенденция снижения вредоносности корневых гнилей за счет применения минеральных удобрений и обработки семян биологическими препаратами.

Таблица 1.41. Влияние биопрепаратов и удобрений на развитие корневых гнилей ячменя, %

Варианты	Годы			Среднее за 3 года
	1999	2000	2001	
Без удобрений	10,2	9,5	8,8	9,5
P30K60 - фон 1	9,6	8,3	8,3	8,7
Ф1 + ризоагрин	9,0	6,9	7,8	7,9
Ф1 + флавобактерин	8,4	7,0	7,8	7,7
N30P30K60 - фон 2	9,8	7,8	5,3	7,6
Ф2 + ризоагрин	9,0	6,1	4,9	6,6
Ф2 + флавобактерин	8,8	6,2	4,8	6,6

В среднем за 3 года развитие корневых гнилей ячменя на контроле составило 9,5%. Внесение азотного удобрения оказало положительное воздействие на снижение развития болезни по сравнению с безазотным (8,7% на фоне P30K60 и 7,6% на фоне N30P30K60). На втором фоне удоб-

рений ризоагри и флавобактерин не оказали влияния на развитие корневых гнилей (6,6%). На первом действие ризоагрина было ниже по сравнению с флавобактерином.

Положительное действие биопрепаратов на снижение заболевания растений подтверждено также в полевых исследованиях на черноземе в Ульяновском НИИСХ [Никитин, 2002]. Показали, что применение бактериальных биопрепаратов позволяет снизить использование средств защиты растений на яровой пшеницы за счет подавления патогенной микрофлоры. Наиболее эффективными для подавления развития бурой ржавчины и корневой гнили являются двойные смеси биопрепаратов. При этом обработка бинарной смесью способствовала снижению пораженное™ бурой ржавчиной на 11—12%. Обработка данными препаратами в чистом виде или в тройном сочетании уменьшила только на 4-5%. Биопрепараты уменьшали заболеваемость растений корневой гнилью на 4,9% (на контроле 9,6%).

В опыте с картофелем на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве [Завалин, Алметов, Мартьянов, 2000] в результате инокуляции семенного материала имела место тенденция к возрастанию в клубнях картофеля концентрации калия, который снижает развитие болезней растений [Шульпина, 1998].

Таблица 1.42. Пораженность клубней картофеля болезнями при уборке, %.

Вариант	Парша обыкновенная	Мокрая гниль	Фитофтора
1. P45K60- фон 1 (Ф1)	2,8	1,9	1,8
2. Ф1+экстрасол	2,5	-	1,1
3. Ф1+серация	2,5	1,2	1,5
4. Ф1+флавобактерин	2,6	0,9	1,3
5. N60P45K60- фон 2 (Ф2)	1,3	1,6	1,8
6. Ф2+экстрасол	1,1	-	0,8
7. Ф2+серация	0,7	1,6	1,7
8. Ф2+флавобактерин	1,1	1,5	0,3
9. N90P45K60	3,1	0,8	1,3

Определение количества пораженных клубней паршой обыкновенной, мокрой гнилью и фитофторой (табл. 1.42) подтверждает высказанное мнение о положительной роли ризосферных диазотрофов в снижении заболеваемости растений и согласуется с данными увеличения концентрации в клубнях калия. Пораженность клубней картофеля различными болезнями повышалась во влажные годы, что и наблюдалось в 1998 г. Учет пораженное™ клубней в уборку показал, что инокулянты снижали пора-

женность урожая паршой обыкновенной, особенно это четко было выражено на фоне повышенной дозы азота. Пораженность клубней мокрой гнилью и фитофторой снижалась при использовании экстразола и флаво-бактерина на безазотном фоне, в большей степени по сравнению с фоном применения полного минерального удобрения проявлялась также положительная роль этих же препаратов.

Таким образом, биопрепараты снижают пораженность растений болезнями, что, сказывается на формировании инокулированными растениями более высокого урожая товарной продукции.

Глава 2. Урожайность и качество растениеводческой продукции при использовании биопрепаратов

2.1. Яровые зерновые культуры

2.1.1. Ячмень

Интегральным показателем условий внешней среды растений служит их зерновая продуктивность [Жученко, 1994]. Среди экзогенных факторов, оказывающих воздействие на формирование урожайности ячменя, важнейшее значение принадлежит условиям азотного питания растений и погодным условиям в период его вегетации [Иванова, 1989].

В полевом опыте на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве [Волков, 2003] погодные условия вегетационного периода 1999 г. были неблагоприятными для роста и развития яровых зерновых культур. Установившаяся засуха отрицательно сказалась на продуктивности ячменя. На контроле без внесения удобрений получено только 9,0 ц/га зерна (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Сбор зерна ячменя, ц/га

Вариант	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее
1.Без удобрений	9,0	11,2	16,5	12,2
2.Р30К60 - фон 1	9,6	12,8	17,5	13,3
3.Ф1 + ризоагрин	10,2	15,4	18,5	14,7
4.Ф1 + флавобактерин	10,9	15,3	18,6	14,9
5.Н30Р30К60 - фон 2	9,4	13,6	27,6	16,9
6.Ф2 + ризоагрин	10,2	17,4	29,9	19,2
7.Ф2 + флавобактерин	10,4	17,3	30,1	19,3
Р, %	2,28	3,80	1,63	1,29
НСР ₀₅	0,7	1,2	1,1	0,6

Обработка семян ризоагрином повысила урожайность зерна ячменя до 10,2 ц/га, флавобактерином до 10,9 ц/га. На фоне Р30К60 урожайность значительно выше, чем на контроле (9,6 ц/га). Фон удобрений Н30Р30К60 увеличил сбор зерна лишь до 9,4 ц/га. Обработка семян ризоагрином на фоне Н30Р30К60 обеспечила равную урожайность этому варианту на фоне Р30К60 (10,2 ц/га). При инокуляции семян ячменя флавобактерином на фоне Н30Р30К60 урожай зерна был 10,4 ц/га. Прибавка урожая зерна ячменя от фосфорно-калийных удобрений к контролю без удобрений составила 0,6

ц/га, а при применении NPK она составила 0,4 ц/га. При высеве семян, обработанных ризоагрином, на обоих фонах удобрений в 1999 г. получена одинаковая прибавка урожая - 1,2 ц/га. Прибавка урожая зерна от применения флавобактерина была выше, чем от ризоагрина, на фоне P30K60 она составила 1,9 ц/га, а на фоне N30P30K60 - 1,4 ц/га. Прибавка урожая от ризоагрина к РК - фону составила 0,6 ц/га, от флавобактерина - 1,3 ц/га, то есть последний более эффективнее. На фоне NPK прибавка урожая зерна от ризоагрина составила 0,8 ц/га, от флавобактерина - 1,0 ц/га. В засушливый вегетационный период 1999 г. от N - удобрения увеличения урожая не произошло.

Вегетационный период 2000 г. был благоприятным, урожайность зерна на контроле составила 11,2 ц/га. Применение РК-удобрений позволило получить 12,8 ц/га, а на фоне NPK она составила 13,6 ц/га. Действие ризоагрина и флавобактерина на фоне P30K60 было практически одинаковым и позволило увеличить сбор зерна ячменя, соответственно, до 15,4 ц/га и до 15,3 ц/га.

Увеличение урожайности от обработки семян биопрепаратами на фоне N30P30K60 было выше и они оба были равноценны (17,4 и 17,3 ц/га). Фосфорно-калийные удобрения увеличили сбор зерна в 2000 г. к контролю на 1,6 ц/га. Прибавка урожая зерна ячменя на фоне N30P30K60 к абсолютному контролю составила 2,4 ц/га. Инокуляция семян ячменя препаратами на обоих фонах удобрений обеспечила достоверную прибавку урожая. На фоне P30K60 от ризоагрина она составила 2,6 ц/га, от флавобактерина 2,5 ц/га. На фоне N30P30K60 эффективность биопрепаратов была еще больше, прибавки составили, соответственно, 3,8 ц/га и 3,7 ц/га.

Погодные условия вегетационного периода 2001 г. были самыми благоприятными для роста и развития ячменя из всех трех лет исследований, урожайность зерна на контроле составила 16,5 ц/га. Применение фосфорно-калийных удобрений позволило получить урожай зерна 17,5 ц/га, от полного минерального удобрения он составил 27,6 ц/га. Эффективность биопрепаратов на фоне фосфорно-калийных удобрений в 2001 г. была значительно выше, по сравнению с предыдущими годами. На фоне N30P30K60 обработка семян ризоагрином обеспечила получение урожайности ячменя до 29,9 ц/га, флавобактерином - 30,1 ц/га. В 2001 г. прибавка урожая зерна от применения фосфорно-калийных удобрений к контролю составила 1,0 ц/га, значительное увеличение сбора зерна получено от NPK (11,1 ц/га). Биологические препараты были равноценны по действию на урожайность ячменя. Прибавки урожая от биопрепаратов на фоне P30K60 были достоверны. На втором минеральном фоне получена несколько большая прибавка (от ризоагрина - 2,3 ц/га, от флавобактерина - 2,5 ц/га).

В среднем за 3 года урожайность ячменя без удобрений составила 12,2 ц/га, прибавка от внесения Р30К60 составила 1,1 ц /га и 4,7 ц/га от N30P30K60. Эффективность изучаемых инокулянтов была равноценной как на фоне Р30К60, так и на фоне N30P30K60. Вместе с тем, на фоне с внесением азотного удобрения, прибавки урожая зерна ячменя были существенно больше, что указывает на роль стартовой дозы азота для развития интродуцируемых диазотрофов. Однако прибавки урожая от биопрепаратов уступали действию азотного удобрения в дозе 30 кг/га, кроме того, эффективность азотного удобрения возрастала при использовании на этом фоне ризоагрина и флавобактерина.

В среднем за 3 года масса соломы ячменя на контроле без удобрений составила 12,9 ц/га. Применение фосфорно-калийных удобрений увеличило ее до 14,8 ц/га. Обработка семян биологическими препаратами также увеличила этот показатель: ризоагрин на 1,9 ц/га, флавобактерин на 2,1 ц/га. Внесение азота в дозе 30 кг/га в дополнение к фону Р30К60 повысило урожайность соломы до 17,5 ц/га (на 2,7 ц/га). Эффект действия биологических препаратов на этом фоне был значительно выше по сравнению с эффектом на фосфорно-калийном фоне: от ризоагрина он составил 3,9 ц/га и флавобактерина - 4,0 ц/га.

Содержание сырого белка в зерне ячменя на контрольном варианте в 1999 г. составило 11,9% (табл. 2.2). Внесение фосфорно-калийных удобрений увеличило этот показатель до 12,3%, а внесение N30P30K60 до 12,6%. Инокуляция семян биопрепаратами увеличивала белковость зерна ячменя на РК - фоне на 0,8 - 1,3% и на 0,2 - 0,3% на фоне N30P30K60.

Таблица 2.2. Влияние удобрений и биопрепаратов на содержание сырого белка в зерне ячменя, %

Вариант	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее
1.Без удобрений	11,9	11,6	8,3	10,6
2.Р30К60 - фон 1	12,3	12,1	9,4	11,3
3.Ф1 +ризоагрин	13,6	12,4	9,5	11,8
4.Ф1 + флавобактерин	13,1	12,4	9,5	11,7
5.N30P30K60 - фон 2	12,6	13,0	9,7	11,8
6.Ф2 + ризоагрин	12,9	13,6	10,3	12,3
7.Ф2 + флавобактерин	12,8	13,6	10,3	12,2

В 2000 г. содержание белка в зерне ячменя на контроле составило 11,6%, внесение Р30К60 увеличило этот показатель до 12,1%, N30P30K60 -

до 13,0%. Ризоагрин и флавобактерин на обоих фонах удобрений равноценно повышали белковость зерна ячменя: на 1 фоне - 0,3% и 0,6% на 2 фоне.

Самое низкое содержание белка в зерне ячменя было в 2001 г., хотя в этот год также сохранилась тенденция увеличения белковости зерна: применение фосфорно-калийных удобрений обеспечило увеличение содержание белка до 9,4%, а внесение всех трёх макроудобрений - до 9,7%. Обработка семян ризоагрином и флавобактерином на обоих фонах минеральных удобрений одинаково влияло на белковость зерна: на первом фоне прибавка составила 0,1%, на втором - 0,6%.

В среднем за 3 года содержание белка в зерне ячменя без удобрений составило 10,6%, на фонах удобрений - 11,8%. Использование биопрепаратов способствовало увеличению белковости зерна на 0,4 - 0,5% (табл. 2.2).

Внесение фосфорно-калийных удобрений не изменяло содержание азота в соломе ячменя (табл. 2.3). Добавление азота в дозе 30 кг/га к фону Р30К60 увеличило его содержание в соломе на 0,1%. Обработка семян ризоагрином и флавобактерином обеспечила тенденцию увеличения содержания азота в соломе ячменя. На фоне внесения азотного удобрения от биопрепаратов произошло значительное повышение концентрации этого элемента в соломе.

Таблица 2.3. Содержание NPK в урожае ячменя в зависимости от условий минерального питания, % на воздушно-сухое вещество.
Среднее за 3 года

Вариант	Зерно		Солома		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	0,93	0,52	0,46	0,25	0,77
2. Р30К60 - фон 1	0,93	0,54	0,47	0,28	0,85
3. Ф1 + ризоагрин	0,95	0,53	0,52	0,28	0,86
4. Ф1 + флавобактерин	0,95	0,56	0,52	0,29	0,87
5. N30P30K60 - фон 2	1,01	0,56	0,58	0,29	0,88
6. Ф2 + ризоагрин	1,01	0,56	0,63	0,28	0,89
7. Ф2 + флавобактерин	1,01	0,55	0,63	0,28	0,81

Внесение фосфорно-калийных удобрений слабо влияли на концентрацию фосфора в урожае (табл. 2.3). Внесение азота на фоне РК незначительно увеличило содержание P₂O₅ в зерне (1,01%). От применения биопрепаратов на обоих фонах удобрений просматривается тенденция повышения содержания фосфора в зерне.

Содержания фосфора в соломе слабо зависело от погодных условий в период вегетации, внесение РК - удобрений незначительно увеличило содержание этого элемента в соломе. Добавление к ним азотного удобрения P2O5 в соломе ячменя отмечается на вариантах применения биологических препаратов.

Различий в концентрации K₂O в зерне в зависимости от погодных условий вегетационного периода не отмечено. При применении минеральных удобрений отмечается тенденция незначительного увеличения содержания этого элемента в зерне. Предпосевная обработка семян ячменя биологическими препаратами на втором фоне удобрений практически не влияла на увеличение содержания калия в зерне, а в отдельные годы (2000 и 2001 гг.) даже снижала концентрацию этого элемента в урожае основной продукции. На фоне без внесения N-удобрения прослеживается тенденция увеличения содержания калия в зерне от бактериальных препаратов.

Содержание калия в соломе ячменя также слабо изменялось в зависимости от условий выращивания культуры. Биологические препараты на содержание калия в соломе не влияли.

Хозяйственный коэффициент ячменя слабо изменялся по вариантам и по годам исследований. Наблюдалась тенденция снижения этого показателя на фоне фосфорно-калийных удобрений по сравнению с контролем, такая же тенденция сохраняется от действия биологических препаратов на обоих фонах удобренности (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Действие удобрений и биопрепаратов на элементы структуры урожая ячменя. Среднее за 3 года

Вариант	Кхоз..	Масса 1000 зерен, г	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт
1.Без удобрений	0,49	46,9	36,7	5,3	15,9
2.Р30К60 - фон 1	0,47	47,7	37,3	5,6	15,7
3.Ф1 + ризоагрин	0,47	48,6	37,4	5,7	16,6
4.Ф1 + флавобактерин	0,47	49,1	37,1	5,5	16,8
5.Н30Р30К60 - фон 2	0,49	49,8	48,4	6,2	17,4
6.Ф2 + ризоагрин	0,47	52,3	49,5	5,9	18,0
7.Ф2 + флавобактерин	0,47	52,7	49,5	6,2	17,6

Минеральные удобрения и обработка семян перед посевом бактериальными препаратами изменили массу 1000 зерен ячменя по сравнению с контрольным вариантом (табл. 2.4). Применение удобрений во все годы увеличивало этот показатель. Ризоагрин на фоне без внесения N -удобрения в 2000 и 2001 годах увеличил массу 1000 зерен, а в 1999 г. на этот показатель не влиял.

При обработке семян ячменя флавобактерином на этом фоне наблюдалась тенденция увеличения массы 1000 зерен за все годы исследований. Такая же закономерность прослеживалась от обработок обоими препаратами на фоне N30P30K60. Причем эффект от применения флавобактерина был чуть выше, хотя в среднем за 3 года исследований на обоих фонах удобренности флавобактерин и ризоагрин по действию на массу 1000 зерен ячменя были практически эквивалентны (48,6 и 49,1 г на первом фоне, 52,3 и 52,7 г на втором фоне).

Длина стебля ячменя в среднем за 3 года от внесения РК -удобрений незначительно увеличилась (37,3 см), а использование N30P30K60 повысило её до 48,4 см. Применение обоих биопрепаратов способствовало увеличению высоты растений, причем более значимо на фоне N30P30K60.

Установлено, что фосфорно-калийные удобрения в 2001 г. не изменили, а в 1999 и 2000 годах незначительно увеличили длину колоса ячменя. Внесение N30 в дополнение к P30K60 увеличило длину колоса в среднем за 3 года на 0,9 см. Биопрепараты существенного влияния на данный показатель не оказали (табл. 2.4).

Фосфорно-калийные удобрения (табл.2.4) не влияли на количество зерен в колосе, а внесение N30 на фоне P30K60 увеличило их количество на 1,7 штуки. Обработка семян ризоагрином и флавобактерином повысила количество зерен в колосе ячменя в среднем за 3 года на 0,9 -1,1 шт. на фоне P30K60 и на 0,6 - 1,2 шт. на фоне N30P30K60.

В опыте НИИСХСеверо-востока [Пасынков, 2002] на дерново-подзолистой среднесуглинистой хорошо окультуренной почве урожайность зерна ячменя изменялась в зависимости от гидротермических условий вегетационных периодов (табл. 2.5). В относительно благоприятном году (1997 г.) средняя урожайность зерна по опыту составила 31,1, в менее благоприятном (1998 г.) - 22,7ц/га. При инокуляции семян ячменя ризоагрином на фоне без азота и при внесении N30 до посева снижения урожая зерна не происходило, что вероятно связано с достаточным количеством минеральных форм азота в почве после оборота пласта многолетних бобовых трав (клевер).

Таблица 2.5. Влияние уровня азотного питания и ризоагрина на урожайность и содержание сырого белка в зерне ячменя

Вариант	Урожайность, ц/га			Содержание белка в зерне, % на абсол. сух. в-во		
	1997г.	1998г.	среднее	1997г.	1998г.	среднее
1.Р60К60 - фон	19,4	19,5	19,5	8,8	10,1	9,4
2.Ф + ризоагрин	19,2	18,6	18,9	9,3	10,9	10,1
3.Ф + N30	37,3	22,2	29,8	8,0	10,2	9Д
4.Ф + ИЗО+ризоагрин	35,4	23,1	29,3	8,5	10,5	9,5
5.Ф + N60	44,0	27,6	35,8	9,3	11,0	10,1
НСР ₀₅	3,6	2,4	2,8	.	.	.

Однако, в оба года проведения исследований инокуляция семян приводила к повышению содержания сырого белка в зерне как на фоне без азота, так и при внесении N30 (в среднем на 0,7 и 0,4% соответственно). Следовательно, инокуляция семян ячменя ризоагрином не влияет на величину урожая, но способствует повышению содержания белка в зерне пивоваренного ячменя. А.А. Сарычева [1997] установила, что препараты ассоциативных diaзотрофов могут двояким образом влиять на аккумуляцию азота в растениях - либо повышают массу зерна без увеличения его белковости, либо увеличивают содержание белка в зерне, не изменяя продуктивности. Эти противоположные тенденции, по - видимому, проявляются в зависимости от реакции ассоциации сорт - diaзотроф на величину фона азотного питания.

В оба года проведения исследований вариант с инокуляцией семян на безазотном фоне по содержанию белка в зерне ячменя практически равноценен внесению N60 до посева. Х.А. Хусайнов [2000] сообщал о более высокой эффективности препаратов ассоциативных diaзотрофов на культуре ячменя в годы при недостатке атмосферных осадков, но по величине урожая зерна.

Отмеченная выше особенность действия инокуляции семян ячменя ризоагрином: повышение содержания сырого белка в зерне без существенного увеличения урожая может быть основой использования биопрепарата в технологии возделывания кормового ячменя.

Сбор соломы на фоне Р45К60 с инокуляцией семян биопрепаратом имел тенденцию к снижению, а на фоне N30 - к увеличению. При этом содержание общего азота в нетоварной части урожая, имело тенденцию к увеличению на обоих уровнях азотного питания (табл. 2.6). При несущественных изменениях урожая под действием инокулянта вынос азота зерном несколько

возрастал по сравнению с контрольными вариантами по азоту ввиду повышения содержания белка в нем.

Таблица 2.6. Сбор соломы ячменя, содержание и вынос азота надземной биомассой, величины Кхоз. и азотного индекса, среднее за два года

Вариант	Сбор соломы, ц/га	Содержание азота в соломе, %	Вынос азота, кг/га			Кхоз.	Азотный индекс
			зерно	солома	зерно + солома		
1.Р45К60 - фон	39,6	0,58	29,4	23,0	52,4	0,33	0,56
2.Ф+ризоагрин	36,0	0,60	30,6	21,6	52,2	0,34	0,59
3.Ф+N30	44,5	0,61	43,5	27,1	70,6	0,40	0,62
4.Ф+N30+ризоагрин	46,9	0,62	44,5	29,1	73,6	0,38	0,60
5.Ф + N60	49,1	0,67	60,0	32,9	92,9	0,42	0,64

При инокуляции семян ячменя наблюдалась тенденция к увеличению Кхоз. на фоновом варианте и к его снижению на фоне N30. В таком же направлении изменялась и величина азотного индекса. Это позволяет сделать заключение о том что на безазотном фоне связанный азот атмосферы в большей степени локализуется в зерне, а при внесении умеренной дозы азотных удобрений - в нетоварной части урожая, хотя в обоих случаях наблюдается повышение содержания белка в зерне.

Таблица 2.7. Изменение показателей технологических качеств зерна пивоваренного ячменя, среднее за два года

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Экстрактивность, % на абс. сух. в-во.	Прорастаемость, %	Крупность, %
1.Р60К60 - фон	39,6	649	79,3	90	80
2.Фон + ризоагрин	40,0	647	79,0	92	77
3.Фон + N30	40,4	647	79,6	94	76
4.Фон+N30+ризоагрин	41,0	642	79,1	94	75
5.Фон + N60	41,1	644	79,0	93	77

При использовании инокулянта на фоне без применения азотных удобрений и при внесении N30 по сравнению с контрольными вариантами по азоту масса 1000 зерен имела тенденцию к увеличению, а натура - к сниже-

«

нию (табл. 2.7). То есть, у указанных выше показателей технологических качеств зерна ячменя под действием инокуляции семян биопрепаратом происходили такие же изменения, как и при внесении возрастающих доз азотных удобрений. Инокуляция семян биопрепаратом не оказывала существенного влияния на технологические качества зерна ячменя: содержание экстрактивных веществ, крупность и прорастаемость зерна.

Следовательно, эффективность биопрепаратов на ячмене зависит от погодных условий вегетационного периода, внесения азотных удобрений и почвенных условий выращивания культуры. Об этом свидетельствуют также данные мелкочаечного опыта с различными сортами ячменя.

На светло-серой лесной почве доля погодных условий, включая и другие неконтролируемые факторы, в формировании урожайности ячменя составляла 22 - 27%. Основной вклад в формирование урожайности зерна ячменя принадлежал уровню азотного удобрения - 32,5 %, роль его значительно возрастала в оптимальный год и снижалась в годы с недостатком атмосферных осадков. СОРТУ ячменя принадлежит около 13 %, примерно такую же долю занимали инокулянты. Действие последних несколько выше при недостатке атмосферных осадков.

Среднегодовая зерновая продуктивность растений ячменя мало зависела от сортовых особенностей культуры и составила у сорта Риск 624 г/м², у сорта Добрый - 616 г/м² и чуть ниже у сорта Андрей - 568 г/м². Урожайность зерна сильно изменялась в зависимости от погодных условий вегетационного периода (табл. 2.8). Так, при оптимальных погодных условиях 1998 г., сбор зерна у всех сортов был в 1,5 - 2,0 раза больше, чем в годы с дефицитом атмосферных осадков. Следует подчеркнуть, что меньшим колебаниям урожайности зерна, в зависимости от погодных условий вегетационного периода, подвержен сорт Риск (1,50 - 1,65 раз), выше у сортов Андрей (1,85 - 1,95 раз) и Добрый (1,94 - 2,04 раза).

Урожайность зерна ячменя при внесении азотного удобрения в дозе N30 практически во всех случаях возрастала по отношению к фону РК. Так, в среднем за три года это увеличение составило 220 г/м² у сорта Риск (46%), у сорта Добрый - 202 г/м² (41%) и у сорта Андрей 133 г/м² (28%). Наибольшей отзывчивостью на азотное удобрение характеризуются сорта Риск и Добрый. В зависимости от погодных условий вегетационного периода были значительные колебания прибавок урожайности зерна от азотного удобрения. При достаточном количестве атмосферных осадков (1998 г.) прибавка от N30 у сорта Риск составила 94%, в то время как при их дефиците она снижалась до 9 - 28%. В оптимальный по увлажнению год прибавка от азота к фону РК у сорта Андрей составила 56%, а в неблагоприятный она была значительно меньше (28%) или отсутствовала совсем. У сорта Доб-

рый абсолютный размер прибавок урожая зерна от азотного удобрения был максимальным по сравнению с другими сортами, а относительные прибавки от него более устойчивы по годам.

Таблица .2.8 Урожайность сортов ячменя в зависимости от инокуляции семян биопрепаратами, г/м²

Вариант	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Средняя
Риск				
1.РК - фон 1 (Ф1)	460	522	435	473
2.Ф1 + ризоагрин	547	875	442	620
3.Ф1 + флавобактерин	547	753	553	617
4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	588	1015	475	693
5.Ф2 + ризоагрин	602	915	507	675
6.Ф2 + флавобактерин	558	860	585	667
Добрый				
1.РК - фон 1 (Ф1)	312	715	435	488
2.Ф1 + ризоагрин	535	955	455	647
3.Ф1 + флавобактерин	435	860	535	610
4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	390	983	473	615
5.Ф2 + ризоагрин	480	1073	488	680
6.Ф2 + флавобактерин	563	953	468	661
Андрей				
1.РК - фон 1 (Ф1)	400	610	385	465
2.Ф2 + ризоагрин	480	753	450	560
3.Ф1 + флавобактерин	563	760	450	590
4.Н30РК - фон 2 (Ф2)	370	955	483	598
5.Ф2 + ризоагрин	385	917	460	590
6.Ф2 + флавобактерин	358	993	463	605
Р, %	4,8	3,7	3,6	4,4
НСР _{0,5}	105	162	130	78

Эффективность ризоагрина зависела от погодных условий вегетационного периода, сортовых особенностей ячменя и применяемых под культуру минеральных удобрений. При недостаточной обеспеченности растений влагой (1997 г.) от ризоагрина у сортов Риск и Андрей прибавка к фону РК получена около 20%, а у сорта Добрый она достигла 71%. При оптимальном увлажнении 1998 г. сорт Риск обеспечил максимальную прибавку 350 г/м² (67%), а у сортов Добрый и Андрей это увеличение составило 34 и 23% со-

ответственно. При резком дефиците атмосферных осадков (1999 г.) ризоагрин дал дополнительную прибавку урожая зерна только у сорта Андрей.

Влияние погодных условий на эффективность инокуляции подтверждают также данные ВНИИСХМ [Кулакова, 1998], так инокуляция семян ячменя мизорином и ризоагрином увеличивала урожайность зерна в условиях холодного лета. В условиях жаркого лета получена прибавка зерна при инокуляции ризоагрином и флавобактерином. В тоже время, в условиях оптимального температурного режима почвы не происходило увеличения урожая зерна от инокуляции, за исключением мизорина. Делается заключение, что наибольший эффект от инокуляции наблюдался при моделировании стрессовых для растений температурных условиях.

Остается дискуссионным вопрос о роли стартовой дозы азотного удобрения. Установлено на светло-серой лесной почве на фоне с внесением азотного удобрения у сортов Риск и Андрей положительного влияния инокуляции на урожайность зерна не получено ни в один из годов проведения опыта. У сорта Добрый, кроме резко засушливого 1999 г., инокуляция ризоагрином обеспечила достоверное увеличение зерновой продуктивности, составившее, в среднем за 3 год 65 г/м^2 или 11% (при значении НСР = 25 г/м^2).

Применение флавобактерина для инокуляции семян на фоне РК у сорта Риск, независимо от погодных условий вегетационного периода, обеспечило достоверный рост урожайности зерна ячменя, достигающий, в среднем за 3 года, 30%. Однако, прибавка уступает внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га (46%). На его фоне инокуляция флавобактерином была эффективной только в год с резким недостатком атмосферных осадков (1999) и превышала прибавку, полученную от N30 (табл. 2.8).

У сорта Добрый флавобактерин во все годы увеличивал сбор зерна по отношению к фону РК на $100 - 145 \text{ г/м}^2$, или на 25% в среднем за 3 года. На фоне с внесением азотного удобрения, положительное действие флавобактерина на этом сорте достигнуто только в годы с недостатком атмосферных осадков, что указывает на роль этого препарата при неблагоприятных погодных условиях вегетационного периода.

У сорта Андрей инокуляция семян флавобактерином обеспечила достоверное увеличение урожая зерна только на фоне с внесением РК-удобрений, при этом эффект от препарата соответствовал внесению азотного удобрения под ячмень в дозе N30.

Масса соломы сортов ячменя также определялась условиями увлажнения вегетационного периода. Выше сбор соломы получен при оптимальных погодных условиях 1998 г., существенно ниже он в годы с недостатком (1997 г.) или

резким дефицитом (1999 г.) осадков. Учитывая примерно равнозначное воздействие изучаемых факторов на сбор соломы в отдельные годы, проанализируем эти данные в среднем за 3 года проведения опыта (табл. 2.9).

Таблица 2.9. Влияние условий минерального питания на сбор соломы и значение хозяйственного коэффициента (Кхоз)

Вариант	Сбор соломы, г/м ²			Кхоз		
	Риск	Добрый	Андрей	Риск	Добрый	Андрей
1. РК - фон 1 (Ф1)	478	483	505	0,51	0,49	0,49
2.Ф1 + ризоагрин	745	575	505	0,48	0,55	0,54
3.Ф1 + флавобактерин	680	622	558	0,48	0,50	0,52
4. N30РК - фон 2 (Ф2)	705	637	553	0,45	0,48	0,52
5.Ф2 + ризоагрин	750	663	602	0,47	0,50	0,50
6.Ф2 + флавобактерин	642	735	690	0,52	0,47	0,49
Среднее по сорту	-	-	-	0,485	0,498	0,510

Прежде всего, явно выражены сортовые различия в абсолютных величинах сбора соломы: у сорта Риск сбор соломы несколько выше, чем у сортов Добрый и Андрей.

Внесение азотного удобрения у всех сортов повысило сбор побочной продукции. Инокуляция семян на фоне РК ризоагрином в большей мере увеличивала сбор соломы у сорта Риск и в меньшей - у сорта Добрый, а у сорта Андрей увеличения сбора побочной продукции не происходило. Влияние инокуляции флавобактерином на сбор соломы в большей степени наблюдалась у сортов Добрый и Андрей, при этом он был эквивалентен внесению N30. На фоне с внесением азотного удобрения от применения ризоагрина сбор соломы существенно возрастал у сортов Риск и Андрей, меньше у сорта Добрый, а от флавобактерина - у сортов Добрый и Андрей.

С учетом сбора надземной массы ячменя рассчитаны значения хозяйственного коэффициента в урожае сортов ячменя (табл. 2.9). Известно, что показатель хозяйственного коэффициента, в большей степени, определяется сортовыми особенностями культуры и меньше, условиями минерального питания [Павлов, 1984; Климашевский, 1991]. Данные этого опыта, в определенной степени, подтверждают ранее полученные результаты. В среднем, за годы исследований, просматривается тенденция зависимости хозяйственного коэффициента от сортовых особенностей ячменя (табл. 2.9). Неоднозначно действие биопрепаратов и азотного удобрения на этот показатель в зависи-

мости от сорта. Если у сорта Добрый N30 не изменял Кхоз, то у сорта Риск он снижался, а у сорта Андрей, наоборот, увеличивался.

Масса корней ячменя зависела от погодных условий вегетационного периода, применения минеральных удобрений и биопрепаратов, а также от сортовых особенностей (табл. 2.10). Сорт Добрый формировал массу корней чуть большую, чем сорта Риск и Андрей. При оптимальных погодных условиях 1998 г. у всех сортов масса корней была более высокой по сравнению с годами, когда погодные условия не соответствовали многолетним значениям.

Следует отметить, что при достаточном количестве атмосферных осадков 1998 г., увеличение массы корней у всех сортов, в результате улучшения условий минерального питания, составило в 1,45 - 1,90 раз у сорта Риск, в 1,05 - 1,30 раз у сорта Добрый и в 1,09 - 1,52 раз у сорта Андрей. В условиях крайне неблагоприятного, 1999 г., это увеличение составило в 1,11 - 1,38 раз у сорта Риск, у сорта Добрый, наоборот, масса корней снижалась, а у сорта Андрей увеличение произошло только от ризоагрина на фоне полного минерального удобрения.

Таблица 2.10. Влияние условий минерального питания на массу корней различных сортов ячменя, средняя за 3 года, г/м²

Вариант	Риск	Добрый	Андрей
1.РК - фон 1 (Ф1)	137	188	165
2.Ф1 + ризоагрин	195	178	160
3.Ф1 + флавобактерин	178	175	173
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	185	212	178
5.Ф2 + ризоагрин	188	190	222
6.Ф2 + флавобактерин	197	212	195

Обобщение данных в среднем за годы исследований показало, что ризоагрин и флавобактерин увеличивали массу корней у сорта Риск, у других сортов эта закономерность отсутствует. Применение под все сорта полного минерального удобрения обеспечило развитие более мощной корневой системы у всех изучаемых сортов по сравнению с фоном РК (табл. 2.10) и только у сорта Андрей на этом фоне было увеличение корневой системы от использования биопрепаратов.

Учет зерна, соломы и корней позволил определить биомассу различных сортов ячменя в зависимости от фона минеральных удобрений и биопрепара-

тов, а также рассчитать структуру биомассы растений в фазу полной спелости зерна (табл. 2.11).

Соотношение зерно:солома:корни (%) составляло у сорта Риск 45:43:12, у сорта Добрый 43:44:13, у сорта Андрей 43:43:14. То есть, имеется определенная зависимость этого показателя от сортовых особенностей. Применение биопрепаратов также отразилось на доле зерна, соломы и корней в структуре биомассы ячменя. У сорта Риск ризоагрин как на фоне РК, так и на фоне NPK увеличивал долю зерна, снижая, в то же время, долю соломы и не изменяя доли корней. Использование флавобактерина на обоих фонах удобрений и ризоагрина на фоне NPK увеличило в общей биомассе сорта Добрый долю зерна, снижая при этом долю соломы и корней.

Таблица 2.11. Влияние азотного удобрения и биопрепаратов на структуру биомассы сортов ячменя, %. Средняя за 3 года

Вариант	Риск	Добрый	Андрей
1.РК- фон 1 (Ф1)	44:44:12*	42:42:16	45:41:14
2.Ф1 + ризоагрин	48:40:12	41:46:13	41:46:13
3.Ф1 + флавобактерин	46:42:12	44:44:12	42:45:13
4.N30PK - фон 2 (Ф2)	44:44:12	42:45:13	42:45:13
5.Ф2 + ризоагрин	46:42:12	44:44:12	43:43:16
6.Ф2 + флавобактерин	43:44:13	46:41:13	46:41:13

*Примечание: 44 - зерно, 44 - солома, 12 - корни.

На сорте Андрей положительное действие инокуляции флавобактерином проявилось только на фоне полного минерального удобрения: увеличилась доля зерна и снижалась доля соломы.

Показатель массы 1000 зерен, являясь сортовой спецификой, определялся также погодными условиями во время налива зерна и, в меньшей степени, применяемыми удобрениями. Показано, что максимальное значение массы 1000 зерен характерно для оптимального по увлажнению 1998 г. (табл. 2.12). Сорта по разному реагировали на изменение погодных условий вегетационного периода: в большей степени изменялась масса 1000 зерен у сортов Риск и Добрый. Минимальная масса 1000 зерен у всех изучаемых сортов получена в условиях крайне неблагоприятного 1999 г. (табл. 2.12).

Улучшение условий азотного питания в результате внесения одноименного удобрения положительно отразилось на формировании массы 1000 зерен только у сорта Риск. Биопрепараты, на всех изучаемых сортах ячменя, слабо влияли на значение массы 1000 зерен.

Содержание азота в зерне зависит от сортовых особенностей ячменя. Сорт Риск характеризуется максимальным, по сравнению с другими сортами, накоплением общего азота в зерне. Внесение азотного удобрения в дозе N30 обеспечило повышение концентрации азота в зерне сорта Риск на 0,71%, у сорта Добрый 0,17% и у сорта Андрей на 0,23%, или относительное увеличение составило 12%, 10% и 14% соответственно (табл. 2.13).

Таблица 2.12. Масса 1000 зерен в зависимости от условий азотного питания сортов ячменя, г

Вариант	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Средняя
Риск				
1. РК - фон 1 (Ф1)	40,9	54,4	37,2	44,2
2. Ф1 + ризоагрин	39,2	49,0	37,9	42,0
3. Ф1 + флавобактерин	42,7	58,9	38,1	46,6
4. N30РК - фон 2 (Ф2)	42,1	58,3	37,7	46,0
5. Ф2 + ризоагрин	45,0	55,9	38,0	46,3
6. Ф2 + флавобактерин	40,4	59,3	37,9	45,9
Добрый				
1. РК - фон 1 (Ф1)	36,5	55,4	35,0	42,3
2. Ф1 + ризоагрин	34,1	56,5	35,4	42,0
3. Ф1 + флавобактерин	37,0	56,5	34,9	42,8
4. N30РК - фон 2 (Ф2)	35,1	58,2	35,3	42,9
5. Ф2 + ризоагрин	37,5	55,6	36,2	43,1
6. Ф2 + флавобактерин	37,5	57,0	35,4	43,3
Андрей				
1. РК - фон 1 (Ф1)	47,3	41,0	42,1	43,5
2. Ф1 + ризоагрин	47,7	40,7	42,0	43,5
3. Ф1 + флавобактерин	45,4	41,7	41,8	43,0
4. N30РК - фон 2 (Ф2)	46,9	40,6	42,3	43,3
5. Ф2 + ризоагрин	44,4	41,0	41,9	42,4
6. Ф2 + флавобактерин	41,7	40,9	42,0	41,5

Инокуляция семян ризоагрином на РК - фоне увеличила содержание азота в зерне сорта Риск с 1,75 до 1,97% или относительное увеличение составило 13%. Оба препарата повысили содержание азота в зерне сорта Андрей с 1,59 до 1,80 - 1,88% или 13 - 18%. Использование биопрепаратов на фоне полного удобрения слабо отразилось на накоплении азота в зерне сор-

тов Риск и Добрый и только у сорта Андрей флавобактерин обеспечил тенденцию его увеличения.

В соломе и корнях ячменя содержание азота зависело от погодных условий вегетационного периода. Для всех сортов ячменя свойственно более высокое содержание азота в соломе и корнях в год с недостатком атмосферных осадков, свидетельствующее о сокращении сроков вегетации растений.

Таблица 2.13. Содержание азота в зерне сортов ячменя, % на сухое вещество

Вариант	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Средняя
Риск				
1.РК- фон 1 (Ф1)	1,49	1,70	2,06	1,75
2.Ф1 + ризоагрин	1,80	1,96	2,15	1,97
3.Ф1 + флавобактерин	1,50	1,80	1,86	1,72
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	1,60	1,76	2,51	1,96
5.Ф2 + ризоагрин	2,05	1,76	2,27	2,03
6.Ф2 + флавобактерин	2,31	1,84	1,98	2,04
Добрый				
1.РК- фон 1 (Ф1)	1,62	1,68	1,80	1,70
2.Ф1 + ризоагрин	1,40	1,63	2,29	1,77
3.Ф1 + флавобактерин	1,37	1,78	2,05	1,73
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	1,75	1,71	2,15	1,87
5.Ф2 + ризоагрин	1,47	1,74	2,13	1,78
6.Ф2 + флавобактерин	1,89	1,75	2,19	1,94
Андрей				
1.РК- фон 1 (Ф1)	1,20	1,71	1,85	1,59
2.Ф1 + ризоагрин	1,58	1,98	1,83	1,80
3.Ф1 + флавобактерин	1,75	2,00	1,89	1,88
4.N30РК - фон 2 (Ф2)	1,52	1,93	1,83	1,82
5.Ф2 + ризоагрин	1,68	1,95	2,02	1,88
6.Ф2 + флавобактерин	1,62	1,78	2,16	2,00

В соломе и корнях ячменя сортов Риск и Добрый, в результате внесения азотного удобрения, отмечено несколько большее содержание азота (табл. 2.14). Инокуляция семян обоими препаратами способствовала возрастанию концентрации азота в соломе практически всех сортов.

В корнях увеличение содержания азота отмечено только у сорта Добрый. Инокуляция увеличила концентрацию азота в соломе сорта Андрей на

фоне НРК. На этом же фоне удобрений инокуляция не влияла на содержание азота в корнях всех изучаемых сортов.

Таблица 2.14. Содержание азота в нетоварной части урожая сортов ячменя, %. Среднее за три года

Вариант	Солома			Корни		
	Риск	Добрый	Андрей	Риск	Добрый	Андрей
1.РК-фон 1 (Ф1)	0,61	0,55	0,66	0,93	0,79	0,96
2.Ф1+ризоагрин	0,79	0,75	0,59	0,98	0,89	0,96
3.Ф1+флавобактерин	0,94	0,63	0,78	0,98	0,93	1,00
4.НЗ0РК - фон 2 (Ф2)	0,69	0,69	0,64	1,06	0,95	1,00
5.Ф2+ ризоагрин	0,80	0,66	0,78	0,86	0,90	0,91
6.Ф2+флавобактерин	0,78	0,63	0,77	0,93	0,89	0,98

Итак, выявлена специфика отзывчивости сортов ячменя на инокуляцию семян биопрепаратами, которая также определяется погодными условиями вегетационного периода. В опубликованных ранее данных информации по действию инокулянтов на продуктивность ячменя в зависимости от сорта крайне мало [Умаров, 1996, Ганцева, Черемисинов,1993], хотя в отдельных работах было показано, что существование ассоциации микроорганизм - высшее растение значительная роль принадлежит сортовым особенностям культуры [Завалин, Виноградова, 2000, Гамзикова, 1994].

В географической сети опытов ВНИИА определена эффективность применения биопрепаратов на различных сортах ячменя (табл. 2.15) [Завалин, Духанина, Хусайнов и др., 2003].

В опытах географической сети выявлено, что основная роль в формировании урожая (80-96%), которая в среднем за три года на дерново-подзолистых почвах составила 19,2-19,9 Ц/га и 23,8 ц/га - на черноземе выщелоченном, принадлежит условиям минерального питания. Больше роль азотного удобрения и биопрепаратов в Ивановской области и Республике Мордовия и меньше в Республике Марий Эл. Вместе с тем, на дерново-подзолистых почвах роль сорта в формировании урожая превышает аналогичное значение для чернозема выщелоченного. Более высокое (9,4%) взаимодействие сорта, биопрепаратов и удобрений в формировании урожайности ячменя получено в Республике Марий Эл. В среднем по всем опытам условиям минерального питания принадлежит решающая роль (91%) в формировании урожайности зерна ячменя, на сорт приходится около 2% и на взаимодействие этих факто-

ров - 3,6%. Более высокая урожайность зерна ячменя получена на черноземе выщелоченном (табл. 2.16).

Таблица 2.15. Опыты по изучению биопрепаратов на продуктивность ячменя в географической сети

Почва, регион, годы исследований	Сорт	Пред- шес- твенник	Агрохимические показатели			
			РН _{ксс}	Гумус, %	P2O5	K ₂ O
					мг/кг	
1. Дерново-подзоли- косуглинистая, Республика Марий Эл, 1999-2001 гг.	Зазерский- 85, Дина	Озимая рожь	6,3- 6,8	1,6-1,7	330- 460	200- 220
2. Дерново-подзолистая сред- несуглинистая, Ивановская обл., 1999-2001 гг.	Зазерский- 85, Гонар	Карто- фель	5,6-5,8	1,9-2,1	190- 200	150- 170
3. Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый Респуб- лика Мордовия, 1998-2000 гг.	Зазерский- 85, Биос-1	Озимая пшени- ца	5,9-6,1	8,5-8,6	120- 125	110- 125

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Ивановской области инокуляция семян ячменя ризоагрином и флавобактерином обеспечила достоверную прибавку урожайности зерна к фону РК у сорта Зазерский-85 на 4,3 и 2,8 ц/га соответственно, у сорта Гонар -5,4 и 3,2 ц/га, при этом последний сорт лучше отзывался на инокуляцию ризоагрином. На фоне полного минерального удобрения прибавки от инокуляции ризоагрином и флавобактерином возросли у сорта Зазерский-85, а у сорта Гонар - только от флавобактерина.

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в Республике Марий Эл прибавки урожайности зерна от инокуляции у сорта Зазерский-85 составили от 0,6 до 3,2 ц/га и 1,8-3,3 ц/га - у сорта Дина. В этом регионе, в отличие от Ивановской обл., размеры прибавок получены примерно в 2-2,5 раза меньше. Наиболее эффективным здесь был препарат флавобактерин. На обоих сортах без внесения азотного удобрения получены достоверные прибавки урожая зерна от флавобактерина (14-20%), при этом более эффективной инокуляция была у сорта Дина. На фоне полного минерального удобрения больше отзывался на флавобактерин сорт Зазерский-85.

Таблица 2.16 Урожайность зерна ячменя в различных регионах РФ, ц/га

		Урожайность,	Прибавка к фону РК		Урожайность,	Прибавка к фону РК	
			ц/га	%		ц/га	%
		Зазерский-85			Гонар		
1. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Ивановская	P30K60- фон 1	13,7	-	-	14,2	-	-
	Ф1+ризоагрин	18,0	4,3	31	19,6	5,4	38
	Ф1+флавобактерин	16,5	2,8	20	17,4	3,2	22
	N30P30K60 - фон 2	19,5	5,8	40	20,9	6,2	47
	Ф2+ризоагрин	24,6	5,1	26	26,0	5,1	24
	Ф2+флавобактерин	23,1	3,6	18	24,7	3,8	18
	P, % НСР ₀₅	1,2 0,7			1,2 0,7		
		Зазерский-85			Дина		
2. Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Республика Марий Эл	P30K60 - фон 1	14,3	-	-	16,4	-	-
	Ф1+ PS.IUT.1217	15,6	1,3	9	18,2	1,8	11
	Ф1+флавобактерин	16,3	2,0	14	19,6	3,2	20
	N30P30K60 - фон 2	20,8	6,5	45	19,5	3,1	19
	Ф2+ Ps.шт.1217	21,4	0,6	3	21,3	1,8	9
	Ф2+флавобактерин	24,0	3,2	15	22,8	3,3	17
	P, % НСР ₀₅	3,3 1,8			3,3 1,8		
		Зазерский-85			Биос-1		
3. Чернозем выщелоченный, Республика Мордовия	P30K60 - фон 1	19,7	-	-	20,4	-	-
	Ф1+ризоагрин	24,5	4,8	24	23,8	3,4	17
	Ф1+флавобактерин	25,1	5,4	27	24,3	4,1	20
	N30P30K60-фон 2	20,4	0,7	4	21,0	0,6	3
	Ф2+ризоагрин	26,4	6,0	29	25,8	4,8	23
	Ф2+флавобактерин	26,1	6,4	31	26,6	5,6	27
	P, % НСР ₀₅	0,86 0,6			0,86 0,6		

На черноземе выщелоченном в Республике Мордовия урожайность зерна обоих сортов ячменя получена примерно равной. В отличие от дерново-подзолистых почв, эффективность применения под ячмень азотного удобрения на черноземе практически отсутствовала. Однако, здесь получена высокая эффективность инокуляции семян ризоагрином и флавобактерином. Прибавки от инокуляции составили у сорта Зазерский-85 от 4,8 до 6,4 ц/га, у Биос-1 от 3,4 до 5,6 ц/га или 24-31%

и 17-27%. Прибавки урожайности зерна от инокуляции обоими препаратами не зависели от фона минеральных удобрений, несколько больше они получены у сорта Зазерский-85 и меньше у сорта Биос-1.

Масса соломы ячменя в значительной степени определялась почвенно-климатическими условиями региона (табл. 2.17).

Таблица 2.17. Влияние условий минерального питания на массу соломы различных сортов ячменя и значение хозяйственного коэффициента

Опыт	Вариант	Сбор со- ломы, ц/га	Хозяйст- венный коэффи- циент	Сбор со- ломы, ц/га	Хозяйстве- нные коэффи- циент
		Зазерский-85		Гонар	
Дерново- подзолистая легкосугли- нистая, Ивановская область	P30K60 - фон 1	18,8	0,42	19,8	0,42
	Ф1+ризоагрин	25,4	0,41	27,0	0,42
	Ф1+флавобактерин	23,3	0,41	24,9	0,41
	N30P30K60 - фон 2	28,1	0,41	30,3	0,41
	Ф2+ризоагрин	37,5	0,40	40,6	0,39
	Ф2+флавобактерин	36,0	0,39	38,2	0,39
		Зазерский-85		Дина	
Дерново- подзолистая среднесугли- нистая, Республика Марий Эл	P30K60 - фон 1	11,9	0,54	13,1	0,56
	Ф1+PS.IUT.1217	13,5	0,54	15,2	0,54
	Ф1+флавобактерин	13,7	0,54	16,9	0,54
	N30P30K60 - фон 2	20,0	0,51	16,3	0,54
	Ф2+Ps.шт.1217	18,6	0,54	18,8	0,53
	Ф2+флавобактерин	20,2	0,54	21,2	0,48
		Зазерский-85		Биос-1	
Чернозем выщелочен- ный, Республика Мордовия	P30K60 - фон 1	25,6	0,43	26,7	0,43
	Ф1+ризоагрин	39,8	0,38	31,9	0,43
	Ф1+флавобактерин	39,5	0,39	40,6	0,38
	N30P30K60 - фон 2	30,2	0,40	27,9	0,43
	Ф2+ризоагрин	42,8	0,38	39,8	0,39
	Ф2+флавобактерин	43,0	0,38	44,1	0,38

Больше сбор соломы была на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Ивановской области и на черноземе выщелоченном в Республике Мордовия. В этих же регионах от азотного удобрения и инокуляции семян биопрепаратами (независимо от фона NPK) происходило увеличение сбора соломы. Сбор соломы определяется сортом ячменя: сорт Зазерский-85, как

правило, формировал большую массу побочной продукции, что отразилось на значении хозяйственного коэффициента (табл. 2.17). Выше значение этого показателя (0,50-0,54) получено на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

Хозяйственный коэффициент слабо зависел от использования биопрепаратов. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наблюдалось его снижение. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве и на черноземе выщелоченном у сорта Зазерский-85, на фоне NPK была заметна тенденция возрастания доли зерна в биомассе. Одним из параметров, определяющих эффективность использования под ячмень биопрепаратов и минеральных удобрений, служит концентрация азота в основной и побочной продукции. В опыте в Ивановской обл. в зерне и соломе сорта Гонар концентрация азота несколько превышала аналогичные показатели для стандартного сорта Зазерский-85 (табл. 2.18). Инокуляция семян ячменя ризоагрином и флавобактерином в этом регионе на фоне без азотного удобрения повышала содержание азота в зерне сорта Зазерский-85 и Гонар, в соломе это характерно только для препарата ризоагрин. На фоне с внесением азотного удобрения инокуляция увеличивала концентрацию азота только в зерне сорта Зазерский-85. В зерне и соломе сорта Гонар изменений в содержании азота при использовании обоих биопрепаратов на фоне допосевого внесения азотного удобрения не происходило.

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в Республике Марий Эл инокуляция семян ячменя биопрепарат на основе *Pseudomonas* штамм 1217 и флавобактерином на РК-фоне слабо изменяла концентрацию азота в зерне и соломе сорта Дина и соломе сорта Зазерский-85, хотя от флавобактерина по сравнению с фоном РК в зерне сорта Зазерский-85 имело место незначительное увеличение содержания азота. На фоне с внесением азотного удобрения изучаемые биопрепараты не влияли на концентрацию азота в зерне и соломе обоих сортов (табл. 2.18).

Инокуляция семян ячменя на черноземе выщелоченном, увеличила концентрацию азота в зерне обоих сортов на фоне без азотного удобрения, а на фоне с его внесением прослеживалась лишь тенденция к его повышению. Существенных различий в содержании азота между изучаемыми сортами в этом регионе не установлено.

Таким образом, и в полевых исследованиях выявлена сортовая отзывчивость ячменя на инокуляцию биопрепаратами, причем эффективность их зависела от почвенных условий.

Таблица 2.18. Содержание азота в зерне и соломе сортов ячменя в зависимости от минеральных удобрений и инокуляции семян биопрепаратами, % на сухое вещество

Опыт	Вариант	Содержание N			
		зерно	солома	зерно	Солома
		Зазерский-85		Гонар	
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Ивановская Область	P30K60 - фон 1	2,12	0,74	2,15	0,93
	Ф1+ризоагрин	2,28	0,82	2,48	1,00
	Ф 1+флавобактерин	2,24	0,72	2,39	0,97
	N30P30K60 - фон 2	2,34	0,88	2,57	1,01
	Ф2+ризоагрин	2,63	0,92	2,66	1,05
	Ф2+флавобактерин	2,62	0,89	2,61	1,04
		Зазерский-85		Дина	
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Республика Марий Эл	P30K60- фон 1	1,83	0,55	1,83	0,49
	Ф1+ PS.шт.1217	1,87	0,56	1,85	0,47
	Ф1 +флавобактерин	1,94	0,51	1,90	0,49
	N30P30K60- фон 2	1,93	0,56	2,05	0,56
	Ф 2+ PS.шт.12 17	2,08	0,53	20,7	0,58
	Ф2+флавобактерин	2,03	0,50	2,03	0,60
		Зазерский-85		Биос-1	
Чернозем выщелоченный, Республика Мордовия	P30K60 - фон 1	2,12	0,54	2,07	0,53
	Ф1+ризоагрин	2,20	0,54	2,20	0,55
	Ф1 +флавобактерин	2,27	0,56	2,27	0,55
	N30P30K60- фон 2	2,19	0,55	2,17	0,55
	Ф2+ризоагрин	2,34	0,56	2,24	0,54
	Ф2+флавобактерин	2,30	0,54	2,23	0,53

Для выяснения этого вопроса в мелкоделяночном полевом опыте проведена оценка инокуляции семян на сорте Риск в зависимости от плодородия светло-серой лесной почвы (низкое, среднее и высокое по содержанию гумуса, подвижных форм фосфора и калия).

Показано, что урожайность зерна в относительно благоприятном по погодным условиям в 1998 г. зависела от фактора «плодородие почвы» лишь на 3%, в менее благоприятные годы роль его возрастала до 11% (1999 г) - 32% (2000 г). Вклад фактора «минеральное питание растений - биопрепараты и удобрения» в этих условиях возрастал с 17% (1998 г.) до 20% (1999 г.) и до 35% (2000 г.). От взаимодействия факторов плодородия почвы и условий

минерального питания формирование урожайности зерна ячменя зависело в 1998 г. на 29%, в 1999 г. - 41% и на 23% в 2000 г.

Другими словами, роль плодородия почвы в большей степени влияет на урожай в благоприятные годы, а роль условий минерального питания растений в большей степени проявляется при неблагоприятных погодных условиях.

Урожайность зерна ячменя, как уже было отмечено выше, в значительной степени зависела от погодных условий вегетационного периода и уровня плодородия почвы (табл. 2.19).

Максимальный сбор зерна ячменя получен в 1998 г., когда погодные условия соответствовали многолетней норме. Минимальный сбор зерна сформировался в 2000 г. в результате неблагоприятных погодных условий в начале вегетации, когда пониженные температуры воздуха и недостаток атмосферных осадков отрицательно отразились на закладке колоса и формировании вегетативной массы. Во вторую половину вегетации наблюдался избыток атмосферных осадков, что отрицательно повлияло на налив зерна. Резкий недостаток атмосферных осадков и повышенные температуры воздуха в период формирования вегетативной массы и налива зерна в 1999 г. также не обеспечили реализацию потенциальной продуктивности культуры.

Уровень плодородия почвы воздействовал на величину урожайности зерна ячменя: при возрастании с низкого до среднего она повышалась, дальнейшее увеличение уровня плодородия почвы было не эффективно (табл. 2.19). Внесение азотного удобрения в дозе N30 обеспечивало увеличение урожайности зерна ячменя на бедной почве в зависимости от условий года с 133 до 15 г/м², при этом достоверная прибавка сформировалась только в оптимальном 1998 г.

На почве со средним уровнем плодородия прибавки от внесения азотного удобрения достигали значений 40-492 г/м², то есть они были выше, чем на менее плодородной почве. Следует отметить, что максимальная урожайность зерна и прибавка от азота получена в оптимальном 1998 году, в другие годы, хотя и происходило увеличение урожайности зерна от азота, однако прибавки не превышали значений НСР.

При высоком уровне плодородия почвы внесение азотного удобрения в дозе из расчета 30 кг/га обеспечило увеличение урожайности зерна ячменя только в оптимальном 1998 г., когда прибавка составила 158 г/м². В 1999 и 2000 годах эффективность азота была низкой.

При обобщении данных в среднем за годы проведения опыта установлено, что устойчивая прибавка урожая зерна ячменя от азотного удобрения

получена только на почве со средним уровнем плодородия почвы. Увеличение дозы азотного удобрения под ячмень в два раза с 30 до 60 кг/га, независимо от уровня плодородия почвы и погодных условий вегетационного периода не обеспечило возрастания массы зерна (табл. 2.19).

Таблица 2.19. Влияние биопрепаратов на массу зерна ячменя в зависимости от плодородия почвы, г/м²

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средняя
1.Низко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	395	448	228	358
	2.Ф1+ризоагрин	508	482	242	410
	3.Ф1+флавобактерин	468	562	225	418
	4.№0РК-фон 2 (Ф2)	528	545	242	438
	5.Ф2+ризоагрин	482	532	255	408
	6.Ф2+флавобактерин	479	588	250	438
	7.№60РК	485	595	278	453
2.Средне-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	522	435	242	400
	2.Ф1+ризоагрин	872	442	312	535
	3.Ф1+флавобактерин	752	552	308	538
	4.№0РК-фон 2 (Ф2)	1015	475	312	600
	5.Ф2+ризоагрин	902	508	322	578
	6.Ф2+флавобактерин	855	585	315	588
	7.№60РК	768	578	312	552
3.Высоко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	722	370	233	442
	2.Ф1+ризоагрин	950	370	275	532
	3.Ф1+флавобактерин	840	355	325	508
	4.Ы30РК-фон 2 (Ф2)	955	448	312	572
	5.Ф2+ризоагрин	935	440	315	572
	6.Ф2+флавобактерин	770	435	330	512
	7.№60РК	865	480	385	578
	P,%	6,6	5,7	3,3	7,8
	НСР ₀₅	135	110	28	110

Действие биопрепаратов, зависело от погодных условий вегетационного периода. На почве с низким плодородием без азотного удобрения инокуляция семян ризоагрином во все годы проведения эксперимента не обеспечила роста урожайности зерна ячменя, хотя в благоприятном 1998 г. увеличение массы зерна достигало по отношению к фону 28%, а в среднем за годы проведения опыта прибавка достигла 15%. От флавобактерина в оптималь-

ный по погодным условиям год прибавка составила 73 г/м² или 18%, однако она не превышала значения НСР, то есть можно свидетельствовать лишь о тенденции увеличения урожайности. В неблагоприятный по погодным условиям 1999 г. инокуляция семян ячменя флавобактерином обеспечила достоверный рост массы зерна (прибавка составила 25% к фону 1). Аналогичное влияние флавобактерина в условиях засушливого вегетационного периода получено также на супесчаной почве Новозыбковского района Брянской области [Воробьева, 2000] и связано это, вероятно, со стимулирующим действием биопрепарата [Васюк, 1989]. В среднем за 3 года инокуляция семян ячменя биопрепаратом флавобактерином обеспечила увеличение массы зерна на 16% по сравнению с фоном. Оба препарата не увеличили массы зерна на фоне с азотным удобрением, не увеличивалась она и при возрастании дозы азота до N60.

На среднеплодородной почве ризоагрин достоверно повысил массу зерна в два из трех лет проведения опыта: составила 44% в благоприятном 1998 г. и 29% в 2000 г. Учитывая значительные размеры прибавок в два из трех лет проведения опыта в среднем за 1998-2000 гг. получено достоверное увеличение массы зерна. Инокуляция семян флавобактерином во все годы проведения опыта, независимо от погодных условий вегетационного периода, способствовала достоверному увеличению сбора зерна ячменя. Прибавки составили по отношению к фону без азотного удобрения от 27 до 44%. То есть, флавобактерин обеспечивает устойчивую прибавку на фоне без азота во все годы и размер которой был практически эквивалентен внесению под ячмень N30. На фоне с внесением азотного удобрения положительный эффект получен от инокуляции семян ячменя препаратом флавобактерин только в неблагоприятном 1999 г., в этом случае прибавка от него была эквивалентна внесению под культуру N60.

На высокоплодородной почве эффективность инокуляции семян биопрепаратами уступала среднеплодородной почвой, размер прибавки урожая зерна был почти в два раза меньше, в среднем за три года от ризоагрина прибавка составила 90 г/м² (20%) и не превышала значение НСР. От инокуляции семян флавобактерином на высокоплодородной почве без азота прибавки изменялись, в зависимости от года, от 92 до 118 г/м² или увеличение урожайности по отношению к фону достигало 16-34%. В среднем за три года на этой почве рост урожайности зерна ячменя составил 20% и был недостоверным по отношению к фону РК. На фоне с внесением азотного удобрения оба биопрепарата не увеличили урожайность зерна ячменя.

Оценивая роль биопрепаратов по влиянию на массу зерна ячменя в зависимости от уровня плодородия почвы, следует подчеркнуть, что на бедной почве прибавки от инокуляции ризоагрином были меньше, чем на почве со средним уровнем плодородия, на почве с высоким уровнем плодородия прибавки получены несколько больше, чем на почве с низким уровнем плодородия, но меньше чем на среднеплодородной почве. Инокуляция семян ячменя флавобактерином обеспечила максимальную эффективность на почве со средним уровнем плодородия. На почвах со средним или низким плодородием эффективность инокуляции семян флавобактерином снижается по сравнению с почвой, имеющей средний уровень плодородия. Оба препарата по действию на урожай примерно равнозначны.

Масса соломы ячменя определялась погодными условиями вегетационного периода (табл. 2.20). Максимальная масса соломы ячменя получена в благоприятный по погодным условиям 1998 г., она была значительно меньше при дефиците атмосферных осадков в период накопления вегетативной массы или при избытке их в завершающий период вегетации.

Размер прибавок массы соломы зависел от биопрепаратов. Максимальные прибавки массы соломы получены в благоприятном по погодным условиям 1998 г., которые составляли от 155 до 258 г/м² на бедной почве, от 462 до 630 г/м² на средней и от 73 до 190 г/м² на богатой почве.

Таблица 2.20. Масса соломы при использовании биопрепаратов под ячмень, г/м². Среднее за 3 года.

Вариант	Почва		
	низко-плодородная	средне-плодородная	высоко-плодородная
1.РК-фон 1 (Ф1)	495	412	542
2.Ф И-ризоагрин	582	665	630
3 .Ф1 +флавобактерин	570	605	665
4.Ы30РК-фон 2 (Ф2)	650	590	660
5.Ф2+ризоагрин	600	678	592
6.Ф2+флавобактерин	612	628	635
7.Ы60РК	655	642	678

Максимальная прибавка массы соломы за счет инокуляции получена на фоне без азотного удобрения в оптимальном году на почве со средним уровнем плодородия. Затем следует почва с пониженным уровнем плодородия и замыкает ряд плодородная почва. На 1 и на 2 почвах наиболее эффективным

является препарат ризоагрин, а на высокоплодородной почве - флавобактерин. На фоне с внесением азотного удобрения достоверная прибавка получена от ризоагрина только среднеплодородной почве.

При недостатке атмосферных осадков в 1999 г. от инокуляции семян обоими препаратами на всех трех почвах масса соломы ячменя не возросла. Оба препарата в 2000 г. способствовали увеличению массы соломы на фоне без азота только на высокоплодородной почве.

Надземная биомасса (зерно+солома) ячменя зависела от погодных условий вегетационного периода, уровня плодородия почвы и используемых в опыте удобрений и биопрепаратов (табл. 2.21).

При оптимальных погодных условиях 1998 г. растения накопили максимальную надземную массу, при менее благоприятных погодных условиях вегетационного периода биомасса была существенно меньше, поскольку растения в этих условиях не смогли реализовать потенциальные биологические возможности. Проявилось также воздействие уровня плодородия почвы на величину надземной массы растений: при среднем и высоком уровне плодородия надземная масса растений была больше по сравнению с менее плодородной почвой (табл. 2.21). При инокуляции семян биопрепаратами вследствие увеличения массы зерна и соломы возросло накопление надземной сухой массы. Значение хозяйственно коэффициента, показывающего долю зерна в общебиологическом урожае, характеризует эффективность функционирования агробиоценоза [Климашевский, 1991] и чем он выше, тем большая доля зерна получена в общебиологическом урожае. Значение хозяйственного коэффициента зависело от условий года, уровня плодородия почвы и применения удобрений и биопрепаратов (табл. 2.21).

Таблица 2.21. Биомасса растений ячменя (зерно+солома) в фазу полной спелости и значение хозяйственного коэффициента (Кхоз.)

Вариант	Биомасса, г/ м ²			Кхоз.		
	1*	2	3	1	2	3
1.РК-фон1 (Ф1)	853	812	975	0,42	0,47	0,43
2.Ф1+ризоагрин	1000	1000	1135	0,43	0,45	0,45
3.Ф1+флавобактерин	1038	1125	1172	0,40	0,45	0,41
4.№0РК-фон 2 (Ф2)	1090	1192	1235	0,40	0,48	0,43
5.Ф2+ризоагрин	1025	1260	1165	0,42	0,46	0,48
6.Ф2+флавобактерин	1052	1215	1152	0,42	0,48	0,43
7.№60РК	1110	1198	1252	0,41	0,45	0,44

•Примечание: 1- низко-, 2- средне- и 3- высокоплодородная почва.

Во все годы, изучаемые препараты примерно в равной степени воздействовали на значение хозяйственного коэффициента, что позволяет рассмотреть данный показатель в среднем. На фоне без внесения азотного удобрения максимальное значение хозяйственного коэффициента получено при использовании для инокуляции ризоагрина и флавобактерина на почве со средним уровнем плодородия. При внесении азотного удобрения и инокуляции семян ризоагрином при изменении уровня плодородия почвы от низкого до высокого в общебиологическом урожае ячменя возрастала доля зерна. Для флавобактерина аналогичная закономерность характерна только при изменении плодородия почвы от низкого до среднего.

По данным ВНИИСХМ [Кожемяков, Хотянович, 1997] инокуляция семян биопрепаратами способствует увеличению массы корней за счет микробиостатического эффекта. В результате этого, растения, обладая более мощной корневой системой могут поглощать из почвы большее количество питательных веществ, а также в следствие выделения корнями углеводов в ризосфере создаются лучшие условия для микроорганизмов, приводящие к усилению процесса азотфиксации. Это способствует лучшему обеспечению азотом растений и увеличению их продуктивности.

Учет корней ячменя в фазу полной спелости позволил выявить роль биопрепаратов в накоплении их массы (табл. 2.22), которая зависела от уровня плодородия почвы и погодных условий вегетационного периода. Известно, что чем беднее почва элементами минерального питания, тем растения формируют большую массу корней, и наоборот, чем богаче почва, тем меньше масса корней [Мосолов, 1979]. Эта закономерность четко проявилась в оптимальный для ячменя 1998 г., когда ячмень имел максимальную массу корней при выращивании его на низкоплодородной почве. Примерно та же закономерность характерна и для засушливого 1999 г. В 2000 г. различия в массе корней в зависимости от уровня плодородия почвы, в отличие от других годов, были выражены в меньшей степени. Инокуляция семян биопрепаратами на почве с низким уровнем плодородия в два из трех лет опыта обеспечила возрастание массы корней по сравнению с фоном без внесения азотного удобрения, при внесении же азота увеличение массы корней отмечено только в один (1998 г.) год при использовании флавобактерина.

На почве со средним уровнем плодородия без внесения азотного удобрения ризоагрин увеличил массу корней ячменя во все годы, флавобактерин - в два из трех лет опыта. При внесении азотного удобрения ризоагрин положительно действовал на массу корней в оптимальном году, флавобактерин - в два года.

При повышении уровня плодородия почвы до высокого положительная роль ризоагрина проявлялась только в оптимальном 1998 г., а флавобактерина - в неустойчивом по увлажнению 2000 г. на фоне без азота. На фоне с внесением азотного удобрения биопрепараты на массу корней не влияли.

Таблица 2.22. Влияние биопрепаратов на массу корней ячменя в фазу полной спелости, г/сосуд

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средняя
1.Низко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	9,5	4,91	2,60	5,7
	2.Ф1+ризоагрин	10,9	5,56	3,13	6,5
	3.Ф1+флавобактерин	11,8	5,93	2,79	6,8
	4.№0РК-фон 2 (Ф2)	11,5	5,96	3,51	7,0
	5.Ф2+ризоагрин	12,2	6,04	3,78	7,3
	6.Ф2+флавобактерин	12,8	5,87	3,29	7,3
	7.№60РК	14,0	6,96	3,60	8,2
2.Средне-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	5,75	6,43	3,31	5,2
	2.Ф1+ризоагрин	9,48	7,13	4,19	6,9
	3.Ф1+флавобактерин	8,42	8,31	3,3	6,7
	4.ЛЧ30РК-фон 2 (Ф2)	8,50	7,42	4,23	6,7
	5.Ф2+ризоагрин	11,25	7,04	4,05	7,5
	6.Ф2+флавобактерин	9,02	8,81	3,67	7,2
	7.№60РК	10,22	9,60	3,92	7,9
3.Высоко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	6,54	5,99	3,55	5,4
	2.Ф1+ризоагрин	7,54	6,63	3,43	5,9
	3.Ф1+флавобактерин	7,00	6,13	4,26	5,8
	4.Ю0РК-фон 2 (Ф2)	8,31	7,76	3,91	6,7
	5.Ф2+ризоагрин	7,94	5,36	3,68	5,7
	6.Ф2+флавобактерин	8,86	5,81	3,26	6,0
	7.№60РК	6,64	7,81	3,05	5,8
P,%		3,3	6,4	5,6	
НСР ₀₅		0,89	1,28	0,58	

Общая масса растений ячменя (сумма зерна, соломы и корней), также как и его отдельные органы, значительно изменялась в зависимости от погодных условий вегетационного периода (табл. 2.23).

Минимальная биомасса растений получена в 2000 г. при резком недостатке атмосферных осадков в начале вегетации, когда закладывались генеративные органы. Максимальную биомассу ячмень сформировал в 1998 г.

с достаточным количеством осадков. Биомасса ячменя зависела от уровня плодородия почвы: при изменении уровня плодородия от низкого до среднего формировалась большая масса ячменя, а с повышением плодородия со среднего до высокого увеличения надземной массы не происходило.

За счет инокуляции ризоагрином биомасса ячменя по сравнению с фоном без азота в среднем за 3 года увеличилась на всех почвах (на первой почве на 6,8 г/сосуд, на 2 - на 17 г/сосуд, на 3 почве - на 7,5 г/сосуд). От флавобактерина это увеличение составило на 1 почве 8,4, на 2 почве - 13,2 и на 3 почве - 7,9 г/сосуд то есть явно выражено положительное действие плодородия.

Таблица 2.23. Общая биомасса (зерно+солома+корни) растений ячменя в фазу полной спелости при использовании удобрений и биопрепаратов, г/сосуд

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Среднее
1.Низко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	54,2	37,4	27,5	39,7
	2.Ф1+ризоагрин	70,4	40,9	28,2	46,5
	3.Ф1+флавобактерин	65,6	51,5	27,2	48,1
	4.№0РК-фон 2 (Ф2)	73,1	46,9	31,8	50,1
	5.Ф2+ризоагрин	67,6	45,2	32,2	48,3
	6.Ф2+флавобактерин	68,2	47,9	32,1	49,4
	7.№60РК	70,4	51,7	35,4	52,5
2.Средне-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	45,6	42,0	25,6	37,7
	2.Ф1+ризоагрин	86,4	46,9	30,9	54,7
	3.Ф1+флавобактерин	76,0	47,0	29,7	50,9
	4.Ю0РК-фон 2 (Ф2)	83,5	45,6	33,1	54,1
	5.Ф2+ризоагрин	89,5	51,0	33,4	56,0
	6.Ф2+флавобактерин	78,3	58,0	30,3	55,5
	7.№60РК	74,5	61,5	31,4	55,8
3.Высоко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	70,0	37,8	26,5	44,8
	2.Ф1+ризоагрин	83,0	39,1	34,9	52,3
	3.Ф1+флавобактерин	82,7	36,6	38,7	52,7
	4.Ы30РК-фон 2 (Ф2)	85,2	46,8	35,6	55,9
	5.Ф2+ризоагрин	80,3	35,9	40,6	52,3
	6.Ф2+флавобактерин	75,5	43,1	37,6	52,1
	7.№60РК	73,9	45,1	43,9	54,3

На фоне азотного удобрения инокуляция семян биопрепаратами на биомассу ячменя не влияла при всех уровнях плодородия почвы.

Соотношение в биологической массе растений зерна, соломы и корней служит показателем эффективности функционирования агробиоценоза, ибо внешние и внутренние факторы жизни организма определяют направленность физиологических процессов, от которых зависит формирование хозяйственно ценной части урожая [Климашевский, 1991]. Условия выращивания оказали воздействие на соотношение органов растения в фазу полной спелости ячменя. При оптимальных погодных условиях в 1998 г. повышение уровня плодородия почвы обеспечило возрастание в общебиологическом урожае доли зерна и снижение доли корней. На почве с минимальным плодородием растения в общей биомассе сформировали минимальную долю зерна. В год с резким недостатком атмосферных осадков (1999 г.), наоборот, с увеличением уровня плодородия почвы в структуре биомассы растений имелась тенденция к увеличению доли нехозяйственной части. Это, вероятно связано с особенностями реагирования культуры на недостаток влаги, заключающийся в сохранении репродуктивных функций организма, поскольку в начале вегетации растения на плодородной почве сформировали большую биомассу, а в последующий период они в большей степени реагировали на дефицит осадков [Осипова, 2000]. В 2000 г., наблюдался недостаток атмосферных осадков в начале вегетации и их избыток в последующее время, на почве со средним плодородием в структуре биомассы ячменя имелась тенденция к увеличению доли соломы, по сравнению с другими почвами.

На бедной почве при благоприятных погодных условиях биопрепараты не увеличивали долю зерна в общей биомассе растений на фоне без внесения азотного удобрения. На почве со средним уровнем плодородия от ризоагрина и на плодородной почве об обоих препаратов имелась тенденция к увеличению доли зерна, что свидетельствует о положительной роли инокуляции, связанное, возможно со стимулирующим действием микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов. При недостатке атмосферных осадков в течение, практически, всего вегетационного периода это не установлено. В вегетационный период с неустойчивым увлажнением имелась слабая тенденция к возрастанию доли зерна в общебиологической массе ячменя на почве со средним уровнем плодородия.

И так, в зависимости от увлажнения вегетационного периода изучаемые биопрепараты по разному влияют на соотношение в общей биомассе ячменя доли зерна. При недостатке атмосферных осадков, независимо от уровня плодородия почвы, препараты не влияют на долю зерна в биомассе растений. При достаточном увлажнении с повышением уровня плодородия

почвы инокуляция семян ячменя обеспечивает тенденцию к увеличению в биомассе растений доли зерна.

По данным Э.Л.Климашевского [1991] отношение массы корней к надземной массе растения (или показатель продуктивности корней) характеризует реакцию организма на условия минерального питания. Она (реакция) может также зависеть и от продуцирования микроорганизмами, входящими в состав биопрепаратов, физиологически активных веществ, таких как: фитогармоны- гибберелины, индуцирующие рост стебля, ауксины- стимулирующие рост корня и цитокинины - ускоряющие клеточное деление.

В опыте с ячменем при разном уровне плодородия почвы показано, что показатель продуктивности корней сильно варьировал в зависимости от погодных условий года и уровня плодородия почвы. В оптимальных погодных условиях 1998 г. при возрастании уровня плодородия почвы значение продуктивности корней снижалось, в засушливый год, наоборот, возрастало, а в год с неустойчивым увлажнением, мало изменялось в зависимости от плодородия почвы. Проведена оценка воздействия уровня плодородия почвы на показатель продуктивности корней при использовании биопрепаратов (рис. 2.1). С повышением уровня плодородия показатель продуктивности корней снижался. Поскольку он имеет обратную зависимость, можно предположить, что на единицу массы корней создавалось большее количество надземной массы. Аналогичная закономерность характерна для вариантов с использованием биопрепаратов.

Условия формирования зерна изменяли массу 1000 зерен, которая зависит от погодных условий во время налива зерна и уровня минерального питания, хотя действие последнего фактора значительно меньше, чем первого [Павлов, 1984]. При оптимальных погодных условиях в 1998 г. ячмень сформировал максимальную массу 1000 зерен, которая достигала значений 55-59 г. При резком недостатке атмосферных осадков в 1999 г. сформировалась невыполненное зерно с минимальной массой 1000 зерен. В условиях недостаточного увлажнения в начале вегетации 2000 г. и при их избытке в конце вегетации масса 1000 зерен составила 42-48 г (табл. 2.24).

На почве с низким плодородием, во все годы исследований от инокуляции семян на фоне без азотного удобрения проявлялась тенденция к возрастанию масса 1000 зерен, которая в среднем за 3 года изменялась от 43.9 до 45-46 г. На фоне с внесением азотного удобрения увеличения массы 1000 зерен не происходило.

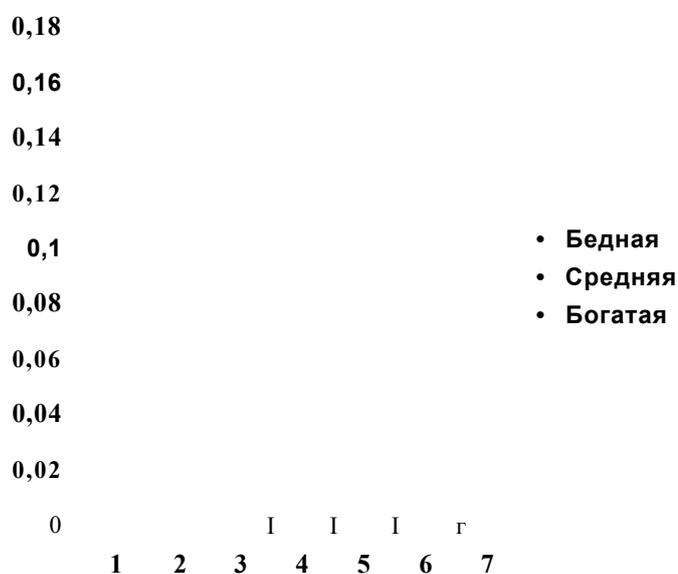


Рисунок 2.1. Изменение продуктивности корней в зависимости от уровня плодородия почвы. Среднее за 1998- 2000 гг. Цифрами обозначены: 1- РК-фон 1 (Ф1), 2- Ф1+ ризоагрин, 3- Ф1+ флавобактерин, 4- ЮОРК-фон 2 (Ф2), 5- Ф2+ризоагрин, 6- Ф2+флавобактерин, 7- N60PK.

При возрастании плодородия почвы с низкого до среднего, на фоне без азотного удобрения инокуляция семян не изменяла массу 1000 зерен, а на фоне с внесением азотного удобрения ризоагрин и флавобактерин ее увеличивали.

С повышением плодородия почвы от низкой до высокоплодородной положительная роль биопрепаратов проявляется только на фоне с внесением под ячмень азотного удобрения.

Действие биопрепаратов на накопление растениями азота может определяться рядом факторов, среди которых основное значение принадлежит обеспеченности растений азотом, которое в свою очередь зависит от фиксации его ризосферными diaзотрофами, а также усилению потребления растениями азота из почвы в результате микробостатического эффекта.

Таблица 2.24. Масса 1000 зерен ячменя в зависимости от использования биопрепаратов на почве разного уровня плодородия, г

Почва	Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Средняя
1.Низко-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	51,9	36,1	43,8	43,9
	2.Ф1+ризоагрин	52,6	37,4	45,5	45,2
	3.Ф1+флавобактерин	52,1	37,6	50,8	46,5
	4.ЮОРК-фон 2 (Ф2)	53,2	37,5	42,2	44,3
	5.Ф2+ризоагрин	53,4	37,9	41,5	44,3
	6.Ф2+флавобактерин	51,2	37,6	44,7	44,5
	7.№6ОРК	51,2	37,4	44,8	44,5
2.Средне-плодородная	1.РК-фон1 (Ф1)	54,4	37,2	45,0	45,6
	2.Ф1+ризоагрин	49,0	37,9	45,9	44,3
	3.Ф1+флавобактерин	48,9	38,1	49,4	45,5
	4.№0РК-фон 2 (Ф2)	48,3	37,7	45,8	43,9
	5.Ф2+ризоагрин	55,9	38,0	46,2	46,7
	6.Ф2+флавобактерин	59,3	37,9	42,2	46,5
	7.№6ОРК	58,1	38,1	48,5	48,3
3.Высоко-плодородная	1.РК-фон 1 (Ф1)	57,8	36,9	48,0	47,6
	2.Ф1+ризоагрин	55,7	38,1	47,0	46,9
	3.Ф1+флавобактерин	55,6	37,4	47,4	46,8
	4.№0РК-фон 2 (Ф2)	58,9	37,8	48,1	48,2
	5.Ф2+ризоагрин	58,6	37,9	46,2	47,6
	6.Ф2+флавобактерин	56,0	38,0	44,1	46,0
	7.№6ОРК	57,0	37,9	49,0	48,0

По данным профессора А.Н.Павлова (1984) содержание азота в зерне злаковых культур при внесении низких доз азотного удобрения, как правило, не изменяется, поскольку он (азот) используется на формирование массы зерна. При высоком содержании азота в почве его достаточно для формирования массы зерна и происходит увеличение концентрации азота в зерне. Накопление азота в зерне определяется также погодными условиями в период его налива и содержания, при сухой погоде во время созревания в зерне, как правило, накапливается больше белка, нежели при избытке осадков.

Содержание азота в зерне ячменя зависело, хотя и в меньшей степени, от погодных условий вегетационного периода (табл. 2.25). При оптимальных погодных условиях в 1998 г. в зерне ячменя накапливалось меньше азота за счет получения его максимального сбора. В годы с пониженным урожаем

зерна (1999 и 2000) в нем повышалось накопление азота по сравнению с оптимальным годом.

Оценивая роль плодородия почвы в накоплении азота в зерне, следует подчеркнуть, что не установлено четкого его воздействия, хотя прослеживается слабая тенденция к увеличению накопления азота в зерне при повышении плодородия почвы.

Таблица 2.25. Содержание азота в растениях ячменя, % на сухое вещество. Среднее за 3 года

Вариант	Низко-плодородная			Средне-плодородная			Высоко-плодородная		
	Г	2	3	1	2	3	1	2	3
1.РК-фон1 (Ф1)	1,89	0,79	1,39	1,93	0,74	1,13	1,93	0,99	1,16
2.Ф1+ризоагрин	1,91	0,82	1,13	1,97	0,84	1,26	2,09	0,81	1,22
3.Ф1+флавобактерин	1,91	0,88	1,06	1,84	0,97	1,15	2,08	0,82	1,08
4.Ы30РК-фон 2 (Ф2)	2,04	0,76	1,22	2,08	0,80	1,22	2,16	0,90	1,13
5.Ф2+ризоагрин	1,98	0,72	0,97	1,97	0,88	0,99	2,17	0,98	1,22
6.Ф2+флавобактерин	1,92	0,76	1,26	1,89	0,94	1,11	2,11	1,09	1,23
7.Н60РК	1,97	0,74	1,24	1,86	0,74	1,27	2,16	1,16	1,25

Примечание: 1 - зерно, 2 - солома, 3 - корни

Учитывая в целом идентичные закономерности влияния изучаемых препаратов на содержание азота в зерне в отдельные годы проведения опыта, рассмотрим их в среднем за три года. На почве с низким плодородием ризоагрин и флавобактерин на фоне без азотного удобрения практически не изменяли концентрацию азота в зерне, ровно как не было их положительного влияния на этот показатель и на фоне с внесением N30. Во всех случаях концентрация азота в зерне на почве с низким плодородием была в пределах 1,90-2%.

При повышении плодородия почвы с низкого до среднего, как было показано выше, происходил рост массы зерна ячменя, что не могло не отразиться на накоплении в нем азота. Содержание азота в зерне на почве со средним плодородием по сравнению с низким не изменялось и оно составляло в среднем за три года от 1,84 до 2,08%. Биопрепараты, как на фоне без использования азотного удобрения, так и при его внесении, на содержание азота в зерне ячменя на почве со средним плодородием почвы не влияли.

На высокоплодородной почве применение биопрепаратов на фоне без внесения азотного удобрения обеспечило слабую тенденцию к возрастанию

в зерне содержания азота с 1,93 до 2,08-2,09%. При внесении азотного удобрения инокулянты не влияли на содержание азота в зерне. Следует отметить, что на почве с высоким плодородием в результате более высокой обеспеченности растений азотом, концентрация этого элемента в зерне ячменя была несколько больше, по сравнению с аналогичным показателем, полученным на почвах со средним и низким уровнем плодородия.

Содержание азота в соломе зависело от погодных условий вегетационного периода, в меньшей степени от использования инокулянтов и уровня плодородия почвы (табл. 2.25). На почве с низким плодородием за счет инокуляции семян биопрепаратами на фоне без азотного удобрения имела слабая тенденция повышения концентрации азота в соломе, при его внесении это не имело места. При более высоком урожае зерна и побочной продукции в 1998 г. содержание азота в соломе было меньше, чем в другие годы, при низкой массе зерна и соломы.

С возрастанием плодородия почвы с низкого до среднего, увеличения содержания азота в соломе не происходило, хотя на фоне без внесения азотного удобрения от биопрепаратов концентрация азота несколько увеличилась, примерно то же самое отмечено и при инокуляции семян ризоагрином на фоне азотного удобрения.

На высокоплодородной почве за счет инокуляции семян на фоне без азотного удобрения происходило снижение концентрации азота в соломе, в то время как на фоне с его внесением, наоборот, концентрация его в побочной продукции ячменя возрастала. Вероятно, связано это с более высоким содержанием минерального азота.

Корни, как известно, являются органом, в котором происходит поглощение и первичный синтез азотсодержащих соединений, от их активности зависит протекание последующих биохимических процессов в растении [Мосолов, 1979]. Значение концентрации азота в корнях в фазу полной спелости, хотя и не отражает ход биохимических процессов в период вегетации растений, но в какой то мере характеризует их направленность в конце вегетации растений. Установлено, что при недостатке азота в питательной среде на низкоплодородной почве, растения, выращенные без внесения азотного удобрения, имели концентрацию азота в корнях несколько большую, чем на почвах со средним и высоким плодородием. Использование инокулянтов на первой и второй почвах на фоне без внесения азотного удобрения способствовало слабому снижению содержания азота в корнях ячменя, это вероятно, свидетельствует об улучшении азотного питания растений. На фоне с внесением азотного удобрения содержание азота в корнях ячменя снижалось, что

подтверждает ранее высказанную гипотезу об улучшении снабжения растений N при использовании биопрепаратов. Содержание азота в корнях растений, выращенных при инокуляции семян на фоне с применением азотного удобрения, приближалось к показателю, полученному при внесении азота в двойной дозе.

Таблица 2.26. Характеристика условий проведения полевых опытов по изучению действия азотного удобрения и биопрепаратов на продуктивность ячменя в различных регионах РФ

№ опыта	Сорт ячменя	Предшественник	Агрохимические показатели почвы			
			pH _{КСЛ}	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
					мг/кг	
1. Дерново-подзолистая песчаная, Брянская обл.	Гон ар	Картофель озимая рожь, люпин	5,5-5,8	1,3-1,4	344-365	83-96
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Смоленская обл.	Носовский-9	Многолетние злаковые травы	5,7-5,9	1,8-1,9	62-65	58
3. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Республика Марий Эл	Дина	Озимая рожь	6,3-6,8	1,6-1,7	330-460	200-220
4. Дерново-подзолистая среднееуглинистая, Ивановская обл.	Зазерский-85	Картофель	5,6-5,8	1,9-2,1	190-200	150-170
5. Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, Московская обл.	Носовский-9, Зазерский-85	Вико-овсяная смесь, озимая пшеница	5,4-5,9	1,6-1,9	100-150	130-170
6. Темно-серая лесная тяжелосуглинистая, Рязанская обл.	Московский-2	Кукуруза на силос	5,5-5,7	3,0-3,3	287-330	221-230
7. Выщелоченный чернозем тяжелосуглинистый, Республика Мордовия	Зазерский-85	Озимая пшеница	5,9-6,1	8,5-8,6	120-125	110-125

Учитывая различную реакцию ячменя на инокуляцию семян биопрепаратами в зависимости от плодородия почвы в мелкоделяночном опыте, было проведено обобщение данных полевых опытов с ячменем, выполненных на различных типах почв Российской Федерации [Завалин, Духанина, Ваулин и др., 2003]. Краткосрочные полевые опыты с сортами ярового ячменя (*Hordeum vulgare*), включенными в реестр каждого региона, проводили в

1996-2000 гг. на дерново-подзолистой почве различной степени окультуренности в Брянской, Ивановской, Московской, Смоленской областях, Республике Марий Эл, на темно-серой лесной почве в Рязанской области и выщелоченном черноземе в Республике Мордовия (табл. 2.26).

Применение азотного удобрения в опытах способствовало увеличению сбора зерна, который составил от 0,7 до 5,5 ц/га или на 4-53% к фону РК (табл. 2.27). Наиболее высокие относительные прибавки от азота получены на дерново-подзолистой песчаной почве, а минимальные - на более плодородных: темно-серой лесной почве (13%) и выщелоченном черноземе.

Таблица 2.27. Действие биопрепаратов на урожайность зерна ячменя в зависимости от фона азотного удобрения и плодородия различных типов почв в регионах России, ц/га

№ опыта	Вариант							
	РК	РК + РА	РК + ФБ	Н1РК	Н1РК + РА	Н1РК + ФБ	Н2РК	
1	8,7	10,4	9,5	13,3	15,3	15,5	13,0	P=2,3 НСР=0,8
2	19,2	25,8	24,6	23,1	28,1	26,9	25,5	P=0,8 НСР=1,7
3	10,3	—	12,9	12,2	·	16,1	15,8	P=2,6 НСР=1,1
4	12,1	15,9	15,4	17,6	22,4	21,7	20,3	P=1,3 НСР=0,7
5	12,1	14,5	15,7	16,3	19,2	19,1	21,7	P=2,8 НСР=1,4
6	18,0	20,0	20,1	20,4	21,2	·	22,1	P=3,2 НСР=1,4
7	19,7	24,3	25,1	20,4	26,4	26,8	24,3	P=0,8 НСР=0,6

Примечание: РА - ризоагрин; ФБ - флавобактерин

Действие бактериальных препаратов на урожайность зерна в зависимости от типа почвы значительно различалось. В табл. 2.27 и 2.28 представлены средние данные для каждого опыта. Минимальная урожайность зерна на фоне без азотного удобрения составила 8.7 ц/га на дерново-подзолистой песчаной почве в Брянской области. В этом опыте положительный эффект от ризоагрина на фоне РК составил 1,7 ц/га (20%), а от флавобактерина 0,8 ц/га, что значительно меньше, чем в остальных опытах. При изучении биопрепа-

ратов на фоне с азотным удобрением прибавка от инокуляции возрастала до 2 ц/га (15%) от ризоагрина и 2,2 ц/га (16%) от флавобактерина.

Максимальная урожайность зерна ячменя без инокуляции получена на выщелоченном черноземе в Мордовии - 19.7 ц/га и на дерново-подзолистой почве в Смоленской области - 19.8 ц/га.

Таблица 2.28. Абсолютные и относительные прибавки урожайности зерна ячменя от инокуляции на различных типах почв РФ

№ опыта	Ризоагрин (РА)				Флавобактерин (ФБ)				Прибавка от N	
	на фоне РК		на фоне НРК		на фоне РК		на фоне НРК		ц/га	%
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%		
1	1,7	20	2,0	15	0,8	10	2,2	16	4,6	53
2	6,6	35	5,0	22	5,4	28	3,8	16	3,9	20
3	-	-	-	-	2,6	25	3,5	28	1,9	18
4	3,8	36	4,8	27	3,3	31	4,1	23	5,5	45
5	2,4	20	2,9	18	3,6	30	2,8	17	4,2	35
6	2,0	11	0,8	4	2,1	11	-	-	2,4	13
7	4,8	24	6,0	29	5,4	27	6,4	31	0,7	4

При применении флавобактерина максимальная прибавка урожайности зерна - 30-31% к РК-фону получена на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой и легкосуглинистой почвах в Московской и Ивановской областях, ризоагрин наиболее эффективен в Ивановской и Смоленской обл. 35-36% соответственно.

На фоне с внесением азотного удобрения урожайность в варианте без инокуляции была минимальной в Брянской области и Республике Марий Эл 13.3 и 12.2ц/га соответственно, максимальной 23.1ц/га - в Смоленской области. Эффективность биопрепаратов на азотном фоне минимальна получена в опытах, проводившихся на песчаной почве в Брянской обл. ризоагрин (*Pseudomonas штамм 204*) - 2,0 ц/га (15%), флавобактерин (*штамм L30*) - 2,2 ц/га (16%). Максимальный эффект от обоих препаратов получен на черноземе выщелоченном в Мордовии - 29 и 31%.

Ни в одном из опытов не отмечено отрицательного действия препаратов на урожайность зерна.

На массу побочной продукции - соломы бактериальные препараты действуют так же, как на урожайность зерна. Минимальный сбор соломы без препаратов получен на дерново-подзолистой почве в Брянской обл. и республике Марий Эл - 12,7 и 9,7 ц/га соответственно. Действие флавобактери-

на и ризоагрна на обоих фонах в этих опытах также было минимальным. При внесении азотного удобрения максимальный эффект от ризоагрна отмечен на дерново-подзолистой почве в Ивановской области и составил 11 ц/га или 38%.

Максимальный сбор соломы на фоне РК был в опытах, проведенных в Смоленской обл. и в республике Мордовия. Ее абсолютные прибавки от инокуляции - 6,8 и 5,7 ц/га на фоне РК оказались наибольшими в тех же опытах, а на фоне NPK - в республике Мордовия и Ивановской области.

На обоих фонах минеральных удобрений в некоторых опытах наблюдалось слабое повышение доли зерна в общей биомассе растений в фазу полной спелости (табл. 2.29) при использовании ризоагрна; в то же время в других опытах этот препарат несколько снижал хозяйственный коэффициент.

Таблица 2.29. Изменение хозяйственного коэффициента в зависимости от инокуляции семян ячменя на различных типах почв

№ опыта	Вариант						
	РК	РК + РА	РК + ФБ	N1PK	N1PK + РА	N1PK + ФБ	N2PK
1	0,41	0,42	0,40	0,48	0,46	0,48	0,46
2	0,43	0,44	0,44	0,42	0,43	0,42	0,40
3	0,48	-	0,51	0,53	-	0,51	0,52
4	0,39	0,38	0,38	0,38	0,36	0,35	0,36
5	0,55	0,54	0,53	0,55	0,54	0,55	0,54
6	0,45	0,45	0,44	0,45	-	0,44	0,44
7	0,43	0,38	0,39	0,40	0,38	0,38	0,39

На дерново-подзолистой почве в Ивановской обл. хозяйственный коэффициент при инокуляции семян обоими препаратами был наименьшим 0,35-0,38, тогда как в Московской и Рязанской областях он практически не изменялся независимо от варианта и имел значение 0,53-0,55 в первом случае и 0,44-0,45 во втором. В Республике Мордовия на выщелоченном черноземе этот показатель снижался при применении ризоагрна и флавобактерина по сравнению с фоном РК.

Минимальное содержание азота в зерне без инокуляции получено в Московской 1,52-1,60% и Брянской 1,52-1,63% областях, а максимальное 2,04-2,31% - в Ивановской обл. (табл. 2.30). Минимальное содержание N в соломе ячменя было также в Московской обл. 0,35-0,46%, а максимальное 0,74-

0,82% - в Смоленской обл. Эти различия, вероятно, связаны с воздействием на растения почвенно-климатических условий регионов.

Применение ризоагрина на фоне РК во всех опытах несколько повышало содержание азота в зерне. При дополнительном внесении азотного удобрения эффект инокуляции слабо сохранялся, отмечена лишь слабая тенденция увеличения концентрации азота в зерне ячменя.

Таблица 2.30. Содержание азота в зерне и соломе ячменя, % на сухое вещество

№ опыта	Вариант													
	РК		РК + РА		РК + ФБ		N1PK		N1PK+РА		N1PK+ФБ		N2PK	
	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома
1	1,52	0,53	1,55	0,60	1,57	0,64	1,61	0,69	1,61	0,71	1,63	0,71	1,66	0,74
2	1,98	0,74	2,21	0,80	2,09	0,78	2,12	0,78	2,40	0,82	2,30	0,79	2,30	0,81
3	2,04	0,48	-	-	2,13	0,50	2,31	0,64	-	-	2,26	0,64	2,60	0,76
4	2,13	0,77	2,32	0,88	2,28	0,88	2,58	0,98	2,76	1,00	2,77	0,98	2,69	1,04
5	1,52	0,41	1,58	0,35	1,56	0,46	1,57	0,45	1,56	0,38	1,60	0,45	1,64	0,44
6	1,77	0,72	1,85	0,77	1,84	0,79	1,90	0,76	1,93	0,82	-	-	1,98	0,80
7	2,12	0,54	2,20	0,54	2,27	0,56	2,19	0,55	2,34	0,56	2,30	0,54	2,32	0,60

На обоих фонах минеральных удобрений наблюдалось как положительное, так и отрицательное действие ризоагрина на содержание азота в побочной продукции. Влияние флавобактерина на содержание азота в зерне на РК-фоне во всех опытах было положительным, а на фоне NPK действие этого препарата неустойчиво: от положительного до отрицательного. Содержание азота в соломе при использовании этого препарата на РК- фоне повышалось, а на фоне NPK получен неустойчивый по регионам эффект.

2.1.2. Яровая пшеница

Яровая пшеница является ведущей продовольственной культурой и получение стабильных урожаев зерна, соответствующего показателям качества для хлебопечения является важнейшей задачей сельхозтоваропроизводителей. Среди факторов, определяющих урожайность и качества зерна яровой пшеницы, важнейшее значение принадлежит использованию азотного удобрения. Сокращение применения минеральных удобрений приводит к снижению урожайности и ухудшению качества зерна. В связи с этим возникла проблема поиска новых дополнительных источников азотного питания растений, среди которых может быть использованы биопрепараты комплексного действия.

Для оценки действия биопрепаратов комплексного действия на яровую пшеницу сорта Симбирка полевой опыт проводили в ПСК «Чеве́р Ужа́ра» Сернурского района Республики Марий Эл на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве [Бердников, 2002].

Минеральные удобрения как в отдельные годы, так в среднем за четыре года повышали зерновую продуктивность яровой пшеницы, которая в значительной степени зависела от метеорологических условий вегетационного периода. При достаточном количестве осадков в первой половине вегетационного периода прибавка урожая от Р60К60 составила 2,6 ц/га, от N30P60K60 - 7,6 ц/га. В условиях засушливого вегетационного периода 1998 и 1999 гг. рост урожайности от Р60К60 составил 0,2-0,3 ц/га, от N30P60K60 0,7-2,2 ц/га. В 2000 г. прибавка урожая от Р60К60 достигла 1,5 ц/га, от N30P60K60 - 1,8 ц/га. В среднем за четыре года увеличение продуктивности яровой пшеницы от Р60К60 составило 1,1 ц/га. Внесение N30 увеличило сбор зерна на 2,0 ц/га с колебаниями, в зависимости от метеоусловий вегетационного периода, от 0,3 до 5,0 ц/га (табл. 2.31).

Инокуляция семян ризоагрином и флавобактерином, а также их смесью в соотношении 1:1, способствовала достоверному увеличению зерновой продуктивности на всех фонах удобрённости (табл. 2.31). Урожайность зерна получена выше в годы с достаточным количеством осадков в первой половине вегетации, что связано с лучшими условиями для развития микроорганизмов [Родынюк, 1985; Умаров, 1986].

Прибавка урожая от биопрепаратов в благоприятном 1997 г. составила на контрольном фоне 3,3-3,5 ц/га, на фоне Р60К60 - 3,1-3,6 ц/га, а при менее благоприятных для роста растений 1998-2000 гг., соответственно, 1,4-2,0 и 1,7-2,0 ц/га. При недостатке осадков в первой половине вегетационного периода эффективность биопрепаратов была выше на фоне с внесением минерального азотного удобрения. В 1998-1999 гг. прирост урожая от биопрепаратов на фонах без удобрений и Р60К60 составил 0,9-2,0 ц/га, а на фоне N30P60K60 - 1,8-2,3 ц/га. Еще выше получена прибавка урожая зерна от биопрепаратов на фоне N30P60K60 в годы при достаточном количестве осадков (1997 и 2000 гг.) - 2,6-4,6 ц/га.

Эффективность отдельных биопрепаратов (ризоагрин, флавобактерин) и их смеси в соотношении 1:1 на всех фонах минерального питания была практически равной.

Биопрепараты и азот минеральных удобрений равноценно влияли на соотношение в урожае зерна и соломы, хозяйственный коэффициент (Кхоз) в различных вариантах имел близкие значения и по годам исследований прак-

тически не менялся. Использование биопрепаратов на всех фонах удобрений обеспечивало слабую тенденцию увеличения доли зерна в урожае.

Таблица 2.31. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна яровой пшеницы, ц/га

Вариант	Урожайность				Средняя		Прибавка от		Кхоз.
	1997 г.	1998г.	1999г.	2000 г.	ц/га	+ к контролю	азота	био-препарата	
1.Без удобрений	20,1	18,5	18,0	13,0	17,5	-	-	-	0,45
2.Ризоагрин (РА)	23,4	20,5	19,7	14,6	19,6	+2,1	-	+2,1	0,47
3.Флавобактерин (ФБ)	23,6	20,6	19,9	14,4	19,6	+2,1	-	+2,1	0,47
4.1/2РА+1/2ФБ	23,5	20,5	20,0	14,6	19,7	+2,2	-	+2,2	0,47
5.Р60К60-фон1 (Ф1)	22,7	18,8	18,2	14,5	18,6	+1,1	-	-	0,46
6.Ф1+РА	25,8	20,7	20,0	16,4	20,8	+3,3	-	+2,2	0,47
7.Ф1+ФБ	26,3	20,7	19,9	16,2	20,8	+3,3	-	+2,2	0,47
8.Ф1+1/2РА+1/2ФБ	26,2	20,8	20,2	16,4	20,9	+3,4	-	+2,3	0,47
9.ГООР60К60-фон2 (Ф2)	27,7	20,8	18,7	14,8	20,6	+3,1	+2,0	-	0,47
10.Ф2+РА	32,1	22,7	20,5	17,4	23,2	+5,7	+2,4	+2,6	0,50
11.Ф2+ФБ	32,3	23,1	20,6	17,4	23,4	+5,9	+2,6	+2,8	0,50
12.Ф2+1/2РА+1/2ФБ	32,3	22,6	20,8	17,6	23,3	+5,8	+2,4	+2,7	0,50
НСР ₀₅	2,12	1,51	0,93	1,10					

Биопрепараты и минеральные удобрения оказали слабое влияние на элементы структуры урожая яровой пшеницы (табл. 2.32). Продуктивная кустистость яровой пшеницы была выше в благоприятные годы по увлажнению годы по сравнению с засушливыми. Биопрепараты способствовали ее увеличению на фоне Р60К60 и без удобрений.

Длина колоса и стебля в среднем за 4 года не зависели от уровня минерального питания и определялись метеорологическими условиями вегетационного периода. Биопрепараты существенно не влияли на эти показатели. Количество зерен в колосе в большей степени зависело от метеорологических условий вегетационного периода, инокуляция семян биопрепаратами способствовала увеличению количества зерен в колосе.

Яровая пшеница имела больше массу 1000 зерен в благоприятные по метеословиям годы и значительно меньше в неблагоприятные. Во все годы исследований азотные удобрения и биопрепараты увеличивали этот показатель на 1,0-2,1 г.

Таблица 2.32. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на структуру урожая яровой пшеницы. Среднее за 1997-2000 гг.

Вариант	Продуктивная кустистость	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
1.Без удобрений	1,2	56,0	5,9	27,0	38,8
2.Ризоагрин (РА)	1,3	56,8	6,2	27,7	39,8
3.Флавобактерин (ФБ)	1,3	56,8	6,2	27,6	39,8
4.1/2РА+1/2ФБ	1,3	57,6	6,2	27,7	39,6
5.Р60К60-фон1 (Ф1)	1,2	56,6	6,0	27,1	39,2
6.Ф1+РА	1,3	58,0	6,2	27,8	40,3
7.Ф1+ФБ	1,3	58,3	6,1	28,0	40,3
8.Ф1+1/2РА+1/2ФБ	1,3	58,2	6,0	28,1	40,3
9.№0Р60К60-фон2 (Ф2)	1,3	58,1	6,0	26,7	39,9
10.Ф2+РА	1,3	60,2	6,3	27,7	41,1
11.Ф2+ФБ	1,3	59,7	6,4	28,0	40,9
12.Ф2+1/2РА+1/2ФБ	1,3	59,8	6,3	28,1	41,2

Содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне яровой пшеницы зависело от погодных условий вегетационного периода, азотного удобрения и применения биопрепаратов (табл. 2.33).

Таблица 2.33. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на содержание

Вариант	Сырой белок				Сырая клейковина			
	1997 г	1998 г	1999г	2000 г	1997г.	1998г	1999г	2000 г
1.Без удобрений	9,2	14,7	14,0	15,9	19,6	29,6	30,6	30,0
2.Ризоагрин (РА)	9,5	14,8	14,6	16,9	20,0	30,0	32,2	30,8
3.Флавобактерин (ФБ)	9,9	14,9	14,6	17,2	19,8	30,0	33,0	30,9
4.1/2РА+1/2ФБ	9,4	14,9	14,4	17,2	20,2	29,8	32,0	30,9
5.Р60К60-фон1 (Ф1)	9,7	14,1	14,5	16,1	21,0	28,6	32,5	31,0
6.Ф1+РА	10,5	14,5	14,7	16,3	21,7	29,6	33,0	31,5
7.Ф1+ФБ	10,5	14,5	15,0	16,3	22,4	29,6	33,0	31,6
8.Ф1+1/2РА+1/2ФБ	10,7	14,2	15,0	16,4	21,7	30,0	33,0	31,4
9.Ы30Р60К60-фон2 (Ф2)	10,1	15,3	14,7	17,3	21,4	29,8	33,0	32,0
10.Ф2+РА	10,4	15,5	15,6	17,4	21,5	30,2	33,0	32,5
11.Ф2+ФБ	10,5	15,5	15,6	17,7	21,6	30,4	34,0	32,4
12.Ф2+1/2РА+1/2ФБ	10,5	15,5	15,6	17,5	22,2	30,3	34,0	32,2

В 1997 г. при благоприятных погодных условиях был получен высокий урожай зерна с низким содержанием сырого белка и сырой клейковины, которая имела низкие показатели качества. В засушливых условиях 1998-1999 гг. содержание сырого белка в зерне достигло 14,7-17,7%, сырой клейковины 29,8-34,0% при ИДК=55-75. Фосфорно-калийное удобрения на эти показатели не влияли. Азотное удобрение в дозе 30 кг/га на фоне Р60К60 повышало содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы на 0,4-1,2% и на 0,2-1,0% сырой клейковины. Инокуляция семян биопрепаратами во все годы исследований и на всех фонах минеральных удобрений способствовала повышению накопления в зерне сырого белка на 0,3-0,9% и сырой клейковины на 0,2-1,4%. Эффективность изучаемых биопрепаратов, используемых отдельно и в смеси в половинных дозах, по действию на эти показатели была практически одинаковой.

Содержание элементов в растениях отражает условия минерального питания в период вегетации. В период вегетации содержание азота в растениях яровой пшеницы зависело от уровня азотного питания и погодных условий вегетационного периода. В фазу кущения более высокая концентрация азота в растениях (2,8-3,6%) была в год с недостатком осадков и при высокой температуре воздуха в период вегетации, а минимальная в условиях оптимального 1997 г. (1,34-1,80%), поскольку растения формировали большую вегетативную массу. При внесении минеральных удобрений концентрация азота в растениях повышалась. В фазы выхода в трубку и колошения содержание азота в растениях при инокуляции семян биопрепаратами также повышалось.

Фосфорно-калийное удобрения увеличивали содержание фосфора в зерне на 0,05%, в соломе на 0,02% и в соломе K_2O на 0,08%. На содержание K_2O в зерне минеральные удобрения не влияли. Инокуляция семян ассоциативными диазотрофами в среднем за четыре года исследований увеличила содержание азота в зерне на 0,06-0,11%, в соломе на 0,04-0,05% и калия в соломе на 0,05-0,07%. На содержание фосфора в зерне и соломе и калия в зерне биопрепараты не влияли.

На черноземе в Ульяновской обл. урожайность яровой пшеницы в результате инокуляции семян препаратами комплексного действия возрастала в среднем на 1,3-3,3 ц/га (5,7-14,5%) [Никитин, 2002]. Повышение урожайности было обусловлено изменением элементов структуры урожая: при применении биопрепаратов увеличилось количество стеблей на 6,3-52 шт/м², наблюдалась тенденция возрастания массы 1000 зерен. Применение биопрепаратов способствовало повышению на 1,5 - 9,6% стекловидности зерна.

В опыте А.В.Пасынкова (2002) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве урожайность зерна яровой пшеницы сорта Иргина изменялась в зависимости от гидротермических условий вегетационных периодов (табл. 2.34).

Таблица 2.34. Урожайность и содержание белка в зерне яровой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га				Сырой белок в зерне, %			
	1996 г.	1997 г.	1998 г.	средн.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	средн.
Р45К60-фон (Ф)	29,6	29,2	7,5	22,1	9,2	9,6	13,1	10,6
Ф+ризоагрин	31,2	26,9	12,8	23,6	8,6	8,8	13,6	10,3
Ф+ЫЗО	33,8	40,2	14,9	29,6	10,0	10,3	13,4	11,2
Ф+ЫЗО+ризоагрин	32,9	39,4	13,2	28,5	10,1	10,0	13,4	11,2
0+N60	35,9	49,9	16,0	33,9	10,7	12,1	14,5	12,4
НСР ₀₅	2,6	2,7	3,7	2,8	-	-	-	-

П

В относительно благоприятные по увлажнению годы (1996 и 1997 гг.) средняя урожайность зерна по опыту составила 32,7 и 37,1 ц/га соответственно. В эти же годы при инокуляции семян пшеницы ризоагрином на фоне без внесения азота и при внесении N30 не наблюдалась существенных изменений величины урожая, но довольно четко проявилась тенденция к снижению содержания белка в зерне в варианте без внесения азотных удобрений. В то же время на фоне допосевого внесения N30 обработка семян Ризоагрином не оказывала существенного влияния на содержание белка в зерне. В год с недостатком влаги в период: посев - кущение и избыточным увлажнением в период формирования и налива зерна получена самая низкая урожайность (12,9 ц/га) за все годы проведения полевого опыта. При этом в 1998 г. от инокуляции семян биопрепаратом на фоне без внесения азотного удобрения получена существенная прибавка урожая и отмечена тенденция к повышению содержания белка в зерне, а на фоне N30 с инокуляцией семян, как и в предыдущие годы, не отмечено достоверной прибавки урожая зерна и повышения его белковости.

Таким образом, инокуляция семян яровой пшеницы ризоагрином при возделывании ее по пласту клевера дает существенную прибавку урожая зерна и повышает его белковость только на фоне без внесения азотного удобрения и в годы с неблагоприятным гидротермическим режимом в период вегетации. Вероятно, неэффективность инокуляции семян биопрепаратом

связана с высоким содержанием доступного азота в почве, оставляемого предшественником, так как при высоком содержании азота в почве интенсивность процесса азотфиксации у злаковых растений резко снижается. Нельзя исключать и то обстоятельство, что селекция в повышении отзывчивости на азотные удобрения привела не только к ослаблению, но и потере *nis*-способности (генотипических свойств растений, способствующих взаимодействию с микроорганизмами) современных сортов [Rennie, 1981].

При использовании биопрепарата на фоне без азота наблюдалась тенденция к увеличению сбора соломы в два (1996 и 1998 гг.) из трех лет и во все годы - тенденция к его снижению на фоне N30 (табл. 2.35).

Таблица 2.35. Сбор соломы яровой пшеницы, содержание азота в ней, вынос азота надземной биомассой, величина Кхоз. и азотного индекса. Среднее за 3 года

Вариант	Сбор соломы, ц/га	Содержание азота в % соломе,	Вынос азота, кг/га			Кхоз	Азотный индекс
			зерно	солома	зерно + солома		
Р45К60-фон (Ф)	30,5	0,57	41,3	17,4	58,7	0,42	0,70
Ф+ризоагрин	33,7	0,64	42,7	21,6	64,3	0,41	0,66
Ф+ЮО	40,2	0,61	58,3	24,5	82,8	0,42	0,70
Ф+ЮО+ризоагрин	38,8	0,67	55,9	26,0	81,9	0,42	0,68
Ф+И60	47,3	0,69	73,9	32,6	106,5	0,42	0,69

При этом коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (Кхоз.), показывающий долю зерна в общей биомассе, существенно не изменялся. Под действием инокулянта относительное содержание общего азота в соломе повышалось во все годы и на обоих уровнях азотного питания, что, в конечном итоге, привело к увеличению выноса азота соломой по сравнению с фоном РК. То есть при инокуляции семян возрастание выноса азота нетоварной частью урожая шло в основном за счет увеличения содержания общего азота в соломе, что, в конечном итоге, привело к снижению азотного индекса, показывающего долю азота зерна в его общем выносе надземной биомассой. Полученные данные свидетельствуют о том, что при инокуляции семян яровой пшеницы на РК-фоне и при внесении низкой дозы азота (N30) несимбиотическим азот в основном локализуется в нетоварной части урожая.

Взаимоотношению высшего растения и микроорганизмов принадлежит существенная роль в образовании и функционировании ризосферной ассо-

циации, поскольку для азотфиксации диазотрофу требуется приток углеводов, выделяемых растением. С другой стороны, количество фотоассимилянтов, поступающих с корневыми выделениями, зависит от активности фотосинтеза растения. Он в свою очередь, связан с развитием листовой поверхности, наличием в почве доступных форм азота, снабжением растений влагой и рядом других факторов [Волкогон, 1998].

С целью выявления роли растений в функционировании ассоциативной системы проводили мелкоделяночный опыт [Сергалиев, 1998, Завалин, Сегалиев, 2000] на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с агрохимическими показателями, характерными для Нечерноземной зоны, с двумя сортами яровой пшеницы Иргина и Приокская, относящимся соответственно к разновидностям мильтурум и лютесценс. Первый сорт более скороспелый и способен накапливать больше белка. Поскольку функционирование азотфиксирующей системы определяется взаимодействием растения с микроорганизмом, для выявления роли растения, посеvy яровой пшеницы обрабатывали физиологически активными веществами (ФАВ), обеспечивающими продление или укорачивание вегетационного периода, то есть моделировали размеры возможного количества корневых выделений. Из ФАВ использовали кампозан-М, препарат эль-1 (арахидоновая кислота) и гумат натрия. Препарат эль-1 обладает многофункциональным действием на растения, является высокоэффективным средством для стимуляции роста и болезнестойчивости растений. Гумат натрия характеризуется высокой ростостимулирующей активностью, способен удлинять период вегетации. Кампозан-М, относящийся к этиленпродуцентам [Прусакова, 1985] укорачивает период вегетации растений на 3-5 суток, раньше наступает полная спелость зерна. Обработку растений проводили гуматом натрия и препаратом эль-1 в начале молочной спелости, кампозаном-М - в конце молочной спелости, т.е. в период максимального функционирования фотоассимиляционного аппарата [Шевелуха, 1992]. Погодные условия вегетационного периода 1996 г. были типичными для Московской обл., а в 1997 г. в начале и в конце вегетации растений имел место дефицит атмосферных осадков.

Независимо от погодных условий, зерновая продуктивность сортов яровой пшеницы и другие показатели в оба года были относительно близкими, что позволяет рассматривать их в среднем за два года. Зерновая продуктивность обоих сортов на фоне без использования ФАВ достоверно возрастала при инокуляции ризоагрином, при этом прибавка урожайности у сорта Иргина была значительно больше, чем у сорта Приокская. Наряду с увеличением основной продукции от ризоагрина возрастал также сбор соломы, од-

нако, в общебиологическом урожае увеличивалась доля зерна, что свидетельствует об улучшении донорно-акцепторных отношений [Завалин, Кандаурова, Чернова, 1997]. Применение биопрепарата не оказало достоверного влияния на концентрацию азота в зерне, однако вследствие более высокой продуктивности при инокуляции вынос азота урожаем зерна и соломы возрастал по сравнению с контрольным фоном (табл. 2.36).

Таблица 2.36. Влияние diaзотрофов на растения яровой мягкой пшеницы

Вариант	Сбор зерна, г/м			Среднее за 2 года			
	1996 г.	1997 г.	средний	Кхоз	Nb зерне, %	Nb урожай, г/м ²	N индекс
Иргина							
ИБОРК-фон 1 (Ф1)	203	197	200	0,40	2,42	7,6	0,46
Ф1+гумат натрия	297	365	331	0,51	2,56	11,1	0,48
Ф1+ЭЛБ-1	184	182	183	0,33	2,63	7,8	0,46
Ф1+кампазан	134	180	157	0,35	2,60	6,6	0,46
КБОРК+ризагрин-фон 2 (Ф2)	387	372	380	0,46	2,42	11,8	0,47
Ф2+гумат натрия	252	369	310	0,46	2,39	10,8	0,46
Ф2+эль-1	244	353	296	0,48	2,39	10,0	0,48
Ф2+кампазан	142	158	150	0,35	2,42	6,5	0,46
Приокская							
№60РК^oh1 (Ф1)	257	263	260	0,42	2,25	10,1	0,47
Ф1+гумат натрия	289	312	300	0,44	2,30	10,8	0,47
Ф1+ЭЛБ-1	325	280	302	0,46	2,29	11,6	0,47
Ф1+кампазан	301	268	284	0,42	2,17	10,2	0,46
ЫБОРК+ризагрин-фон 2 (Ф2)	276	290	283	0,46	2,11	11,3	0,47
Ф2+гумат натрия	260	295	278	0,38	2,18	9,8	0,46
Ф2+эль-1	245	264	254	0,44	2,14	8,7	0,46
Ф2+кампазан	277	315	296	0,46	2,13	9,8	0,48
Р,%	3,0	0,8	2,0				
НСР ₀₅ сорт	6	2	4				
НСР ₀₅ ; фон питания	7	2	4				
НСР ₀₅ ФАВ	8	3	5				

Обработка посевов ФАВ изменяла продуктивность и использование азота растениями. Гумат натрия способствовал существенному увеличению сбора зерна, повышению его доли в общебиологическом урожае и потреблению растениями азота. Использование этого препарата на фоне инокуляции

не обеспечило положительного эффекта по всем изучаемым показателям. Вероятно, связано это с тем, что гумат натрия, обладая высокоэффективными стимулирующими свойствами и увеличивающим вегетацию растений [Рзаев и др., 1989] обеспечил интенсивное функционирование фотоассимиляционного аппарата, продукты которого в большей степени использовались на формирование надземной массы яровой пшеницы и, возможно, меньшая их доля поступала в корневые выделения. В большей степени это выражено у скороспелого сорта Иргина, у Приокской с более длительным вегетационным периодом, применение гумата натрия на фоне инокуляции в меньшей степени отразилось на продуктивности пшеницы.

При использовании препарата эль 1, обладающего высокой ростостимулирующей активностью и повышающего устойчивость растений к болезням, у скороспелого высокобелкового сорта Иргина снижался сбор зерна и его доля в общебиологическом урожае, а также вынос азота. У сорта Приокская, имеющего более длительный вегетационный период, этот препарат способствовал повышению зерновой продуктивности и доли зерна по сравнению с фоном NPK. Обработка инокулированных растений сорта Иргина препаратом эль -1 обеспечила существенное возрастание зерновой продуктивности и потребление азота по сравнению с неинокулированным фоном, у Приокской это не имеет места. Следовательно, при удлинении периода вегетации за счет применения ФАВ инокулированные растения скороспелого сорта в большей степени используют азот, фиксированный ризосферными микроорганизмами.

Кампозан-М, обладающий свойством укорачивания вегетационного периода, у скороспелого сорта Иргина как на фоне инокуляции, так и без нее способствовал снижению урожайности яровой пшеницы и выноса азота урожаем. Это свидетельствует о том, что при сокращении периода вегетации снижается активность функционирования азотфиксирующей системы, что отрицательно влияет на продуктивность растений и потребление ими азота. Для сорта Приокская, имеющего более длительный вегетационный период, сокращение его за счет использования кампозана-М в меньшей степени отразилось на снижении продуктивности растений и выносе ими азота. Таким образом, сорта яровой пшеницы по-разному реагируют на взаимодействие с ризосферными diaзотрофами. Скороспелый сорт Иргина лучше отзывается на инокуляцию ризоагрином. При использовании ФАВ вследствие стимулирования ростовых функций растений и повышения их устойчивости к болезням, возможно, возрастает активность азотфиксирующей системы, а при укорачивании вегетации активность азотфиксации снижается. На длин-

ностебельном сорте Приокская, имеющем более длительный период, ФАВ не влияют на функционирование азотфиксирующей системы.

2.2. Озимые зерновые

2.2.1. Озимая рожь

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве [Пасынков, 2002] в годы проведения исследований, условия зимовки растений озимой ржи сорт Кировская 89 были неблагоприятными и характеризовались высоким и продолжительным снежным покровом, что в сочетании с неблагоприятными условиями увлажнения весенне-летних периодов вегетации, привело к получению сравнительно низкого урожая зерна озимой ржи. Так, средняя урожайность в 1998г. составила 15,4 ц/га, в 1999 г. - 25,4 ц/га; содержание сырого белка в зерне - 14,4% и 8,3% соответственно. В оба года проведения исследований действие биопрепаратов на величину урожая и содержание сырого белка в зерне озимой ржи было одинаковым (табл. 2.37).

Возрастание уровня азотного питания за счет внесения азотного удобрения увеличило урожайность зерна с 14,5 на фоне без азота до 24,8 ц/га при внесении N90 дробно (N60 до посева + N30 весной). Существенные прибавки урожая зерна озимой ржи, независимо от инокуляции семян биопрепаратами, получены от всех применяемых доз азотных удобрений. При использовании ризоагрина и флавобактерина для инокуляции семян достоверные прибавки урожая по сравнению с вариантом без инокуляции получены при раздельном и совместном их применении только на фоне без азота и при внесении N30 до посева. На фоне N60 и N90 инокуляция семян изучаемыми препаратами и их смесью в половинных дозах не приводила к существенным изменениям величины урожая. Прибавки зерна от инокуляции семян ризоагрином и флавобактерином на фоне без внесения азотных удобрений и при внесении N30 до посева были одинаковыми. Не получено достоверной прибавки урожая от инокуляции семян смесью препаратов по сравнению с одинарной обработкой в рекомендуемых дозах. Следовательно, на дерново-подзолистой почве оба препарата близки по влиянию на урожайность зерна озимой ржи, а их совместное использование в половинных нормах обеспечивает такой же положительный эффект, как и при отдельной инокуляции.

С повышением фона азотного удобрения, независимо от инокуляции семян микробными препаратами, содержание сырого белка в зерне возрастало. При использовании препаратов отдельно или в смеси в половинных до-

зах наблюдалась устойчивая тенденция повышения содержания сырого белка в зерне озимой ржи (табл. 2.37).

Таблица 2.37. Влияние доз азота и биопрепаратов на урожайность и содержание белка в зерне озимой ржи. Среднее за 1998-1999гг.

Вариант	Доза азота, кг/га д.в.			
	0	30	60	90(60+30)
Урожайность зерна, ц/га				
1. Контроль	14,5	17,5	21,8	24,8
2.Ризоагрн	15,9	19,0	21,5	25,4
3.Флавобактерин	16,7	19,9	21,0	23,7
4.Ризоагрн+флавобактерин	17,3	20,2	21,8	25,2
<i>НСР₀₅ = 1,4</i>				
Сырой белок, %				
1. Контроль	10,8	10,4	11,0	11,9
2.Ризоагрн	10,9	10,5	10,9	12,4
3.Флавобактерин	11,0	11,2	11,3	11,6
4.Ризоагрн+флавобактерин	10,9	10,7	11,2	11,6

В исследованиях Марийского ГУ [Волков, 2003] на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве в 1998 г. (табл. 2.38) на контроле без удобрения получено 19,6 ц/га озимой ржи. При внесении Р45К60 получена незначительная прибавка (+1,0 ц/га), а бактериальные препараты увеличили прибавку урожая на этом фоне на 2,2 - 2,4 ц/га.

При внесении НРК прибавка к контролю составила 2,1 ц/га, от азота только 1,1 ц/га. Предпосевная обработка семян обоими биопрепаратами на фоне N30P45K60 увеличила продуктивность озимой ржи на 1,9 ц/га, а смесь препаратов - на 2,3 ц/га. Максимальная урожайность в опыте в этом году (26,8 ц/га) получена при весенней подкормке озимой ржи на фоне N30P45K60. Прибавка урожая от весенней подкормки азотом в дозе 30 кг/га составила 5,1 ц/га. Прибавка от азота удобрений на варианте с применением ризоагрна составила 0,8 ц/га, на варианте с флавобактерином - 0,6 ц/га и смеси этих препаратов 1,0 ц/га

Продуктивность озимой ржи в 1999 г. была несколько ниже по сравнению с 1998 г., что связано с погодными условиями. Применение биологических препаратов на различных фонах удобрений и в разных сочетаниях дало положительный результат, при этом оба они были равноценны. На фоне N30P45K60 прибавки от биопрепаратов составили 3,9; 4,4 и 4,2 ц/га. При внесении азотных удобрений в дозе 30 кг/га на фоне Р45К60 и обработке се-

мян биопрепаратами увеличение урожая зерна озимой ржи в 1999 г. составило 3,9 - 4,4 ц/га, а прибавка урожая от ранневесенней подкормки N30 на фоне N30P45K60 составила 3,0 ц/га, что равнозначно действию инокуляции семян биопрепаратами.

Таблица 2.38. Сбор зерна озимой ржи, ц/га

Вариант	Годы				Средний за 4 года
	1998	1999	2000	2001	
Без удобрений	19,6	15,3	15,0	32,1	20,5
P45K60 - фон 1	20,6	16,1	15,9	33,2	21,5
Ф1 + ризоагрин	22,8	18,7	17,9	34,9	23,6
Ф1 + флавобактерин	23,0	18,6	17,7	34,7	23,5
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	23,0	19,1	17,8	34,8	23,7
N30P45K60 - фон 2	21,7	16,6	17,3	34,6	22,6
Ф2 + ризоагрин	23,6	19,2	20,9	36,9	25,5
Ф2 + флавобактерин	23,6	19,7	20,9	37,2	25,4
Ф2+ ризоагрин +флавобактерин	24,0	19,5	20,6	36,7	25,2
N30P45K60 + N30 весной	26,8	19,6	21,9	36,5	26,2
P, %	2,52	2,14	1,94	1,76	0,94
НСPos, ц/га	1,76	1,10	1,03	1,79	0,65

Таблица 2.39. Прибавки урожая зерна озимой ржи от минеральных удобрений и биопрепаратов, ц/га. Средние за 4 года

Вариант	К фону без удобрений	От биопрепарата к фону	От азота удобрения
Без удобрений	-	-	-
P45K60 - фон 1	1,0	-	-
Ф1 + ризоагрин	3,1	2,1	-
Ф1 + флавобактерин	3,0	2,0	-
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	3,2	2,2	-
N30P45K60 - фон 2	2,1	-	1,1
Ф2 + ризоагрин	5,0	2,9	1,9
Ф2 + флавобактерин	4,9	2,8	1,9
Ф2+ ризоагрин +флавобактерин	4,7	2,6	1,5
N30P45K60 + N30 весной	5,7	-	4,7

Погодные условия 2000 г. во время окончания налива и созревания зерна озимой ржи были неблагоприятными, а высокая теплообеспеченность вызвала череззерницу и щуплость зерна. При применении минеральных удобрений P45K60 и N30P45K60 получена незначительная прибавка зерна.

Подкормка озимой ржи N30 весной позволила получить максимальный средний урожай (21,9 ц/га). Прибавка урожая зерна озимой ржи от обработки семян биопрепаратами на фоне P45K60 составила 1,8 - 2,0 ц/га. На фоне N30P45K60 применение биологических препаратов обеспечило прибавку и от ризоагрина, и от флавобактерина и она составила 3,3 - 3,6 ц/га. Максимальная прибавка к фону без удобрений получена на фоне N30P45K60 с применением азотной подкормки в дозе 30 кг/га - 6,9 ц/га.

Условия 2001 г. для озимой ржи оказались самыми благоприятными по сравнению с тремя предыдущими. Средняя урожайность на контрольном варианте (32,1 ц/га) была в два раза выше двух предыдущих лет исследования. Применение P45K60 увеличило урожай озимой ржи на 1,1 ц/га, внесение N30P45K60 на 2,5 ц/га и внесение N30P45K60 и применения азотной подкормки весной на 4,4 ц/га.

От применения биологических урожайность возросла на 2,6 - 2,7 ц/га.

Максимальный урожай в 2001 г. получен на варианте с инокуляцией семян флавобактерином на втором фоне минеральных удобрений (37,2 ц/га). Применение ризоагрина и смеси ризоагрина с флавобактерином на этом фоне позволило получить урожайность до 36,9 - 36,7 ц/га. Прибавка урожая озимой ржи в 2001 году от азота удобрений в дозе 30 кг/га составила 1,4 ц/га. В то же время прибавка урожая от биопрепаратов на фоне P45K60 составила 1,5 - 1,7 ц/га и на фоне N30P45K60 - 2,1 - 2,6 ц/га. Эффективность подкормки озимой ржи N30 оказалось равнозначной обработке семян биопрепаратами на фоне N30P45K60.

В среднем за четыре года применение P45K60 увеличило урожай озимой ржи на 1,0 ц/га, а внесение азота в дозе 30 кг увеличило сбор зерна на 2,1 ц/га. Подкормка озимой ржи азотным удобрением в дозе 30 кг/га весной обеспечила максимальную урожайность - 26,2 ц/га, прибавка урожая от N30 составила 3,6 ц/га.

Рост урожайности от применения ризоагрина на первом минеральном фоне составил 2,1 ц/га, от флавобактерина на фоне P45K60 - 2,0 ц/га и на фоне N30P45K60 - 2,8 ц/га. Применение смеси бактериальных удобрений обеспечило прибавку на фоне P45K60 - 2,2 ц/га и на фоне N30P45K60 - 2,6 ц/га. Следовательно, ризагрин и флавобактерин, как отдельно, так и в смеси в половинных дозах обеспечивают рост урожайности зерна озимой ржи 2,0 - 2,2 ц/га на фоне РК удобрений, что эквивалентно или превышает внесение N30 с осени. На фоне N30P45K60 прибавки от биопрепаратов составляют 2,6 - 2,9 ц/га, что уступает азотной подкормке весной в дозе N30, но превышает осеннее внесение той же дозы азотного удобрения (табл. 2.39).

Сбор соломы озимой ржи в среднем за 4 года на контрольном варианте составил 32,3 ц/га, внесение фосфорно-калийных удобрений увеличило сбор соломы до 35,4 ц/га. Инокуляция семян бактериальными препаратами на этом фоне одинаково влияла на этот показатель, незначительно увеличив его от контроля. При внесении N30 в дополнение к фону P45K60 сбор соломы составил 35,2 ц/га. При обработке семян биопрепаратами отмечена тенденция увеличения урожайности соломы - прибавки составили 4,5 - 4,8 ц/га. Максимальный сбор соломы во все годы испытаний получен на варианте применения весенней азотной подкормки, в среднем за 4 года он составил 42,9 ц/га (табл. 2.40).

В среднем за 4 года значение соотношения зерна к соломе соответствовало 0,38 - 0,40. Значительной разницы этого показателя между вариантами с применением минеральных удобрений и биопрепаратов не отмечено. Значение хозяйственного коэффициента не менялось от инокуляции семян биопрепаратами на обоих фонах минеральных удобрений. Отмечается тенденция увеличения этого показателя на варианте бинарного применения ассоциативных диазотрофов на фоне NPK в сравнении с отдельным применением биопрепаратов на фоне PK и весенней подкормкой азотным удобрением на фоне NPK (табл. 2.40).

Таблица 2.40. Влияние удобрений и биопрепаратов на структуру урожая озимой ржи. Средняя за 4 года

Вариант	Масса соломы, ц/га	Кхоз	Масса 1000 зерен, г	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт
Без удобрений	32,3	0,39	40,1	83,7	7,4	29,4
P45K60 - фон 1	35,4	0,38	40,8	86,2	7,7	29,7
Ф1 + ризоагрин	38,5	0,38	41,7	87,1	7,8	29,9
Ф1 + флавобактерин	38,3	0,38	41,5	88,0	8,0	30,1
Ф1 + ризоагрин + флавобактерин	37,3	0,39	42,0	88,0	7,9	30,3
N30P45K60 - фон 2	35,2	0,39	41,9	91,6	7,9	30,5
Ф2 + ризоагрин	39,7	0,39	43,2	92,1	7,9	31,0
Ф2 + флавобактерин	40,0	0,39	43,4	92,7	8,0	31,3
Ф2+ ризоагрин + флавобактерин	38,2	0,40	43,2	92,9	8,0	31,4
N30P45K60 + N ₃₀ весной	42,9	0,38	44,2	93,7	8,6	32,0

Важнейшим показателем, отражающим условия возделывания культуры, наряду с её продуктивностью, служит химический состав урожая, то есть концентрация в зерне и соломе азота, фосфора и калия.

Действие удобрений и инокуляции семян озимой ржи биопрепаратами на содержание сырого белка представлено в таблице 2.41. В 1998 г. ризоагрин и флавобактерин, а также сочетание двух препаратов не изменили количество сырого белка в зерне по отношению к контролю. Применение N30 в дополнение к фону P45K60 также не влияло на содержание белка в зерне озимой ржи (13,4%). Обработка семян ризоагрином, флавобактерином и их смесью на этом фоне NPK не снизили количество белка в зерне. Весенняя подкормка азотом на фоне N30P45K60 обеспечила повышение содержания белка в зерне до 14,0%.

В 1999 г. отмечена тенденция увеличения накопления сырого белка в зерне озимой ржи от применения биопрепаратов на фоне РК. На фоне N30P45K60 отмечено увеличение содержания белка до 10,2%. Ризоагрин, флавобактерин и сочетание двух препаратов практически не влияли на количество белка в зерне. На варианте с весенней подкормкой получено максимальное содержание в зерне (11,0%) сырого белка.

Таблица 2.41. Влияние удобрений и инокуляции семян на содержание сырого белка в зерне озимой ржи, %

Вариант опыта	Годы исследований				Среднее за 4 года
	1998	1999	2000	2001	
Без удобрений	13,8	9,3	13,1	8,7	11,2
P45K60 - фон 1	13,6	9,4	13,6	9,1	11,4
Ф1 + ризоагрин	13,8	9,5	13,9	9,1	11,6
Ф1 + флавобактерин	13,3	9,9	14,1	9,6	11,7
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	13,6	10,1	14,2	9,7	11,9
N30P45K60 - фон 2	13,4	10,2	14,3	9,7	11,9
Ф2 + ризоагрин	13,2	10,5	14,5	10,2	12,1
Ф2 + флавобактерин	13,3	10,4	14,6	10,2	12,1
Ф2+ ризоагрин +флавобактерин	13,3	10,4	14,7	10,3	12,2
N30P45K60 + N30 весной	14,0	11,0	14,3	10,3	12,4

В 2000 г. отмечено стабильное увеличение содержания белка от флаво-бактерина и ризоагрина, смесь двух препаратов на первом фоне увеличила этот показатель до 14,2%. На втором минеральном фоне количество белка в

зерне составило 14,3%, такой же результат получен на варианте с весенней подкормкой озимой ржи азотным удобрением. Биологические препараты стабильно увеличивали содержание белка на этом фоне: ризоагрин до 14,5%, флавобактерин до 14,6%, смесь двух препаратов до 14,7%.

В 2001 г. получено самое низкое содержание белка в зерне озимой ржи, что связано с высоким урожаем культуры. Применение фосфорно-калийных удобрений и действие ризоагрин на этом фоне обеспечили повышение этого показателя до 9,1%. Повысилось количество белка в зерне от инокуляции семян флавобактерином до 9,6% и смесью препаратов до 9,7%. До 9,7% увеличилось содержание белка в зерне от применения NPK. Ризоагрин и флавобактерин обеспечили увеличение содержания белка в зерне на втором минеральном фоне до 10,2%.

Итак, содержание сырого белка в зерне зависит от погодных условий вегетационного периода, а также от удобрений и биопрепаратов.

В среднем за 4 года содержание белка в зерне озимой ржи без удобрений составило 11,2%, а минеральные удобрения не изменяли его. Биопрепараты слабо влияли на этот показатель (11,6% - 11,9%). На фоне N30P45K60 ризоагрин и флавобактерин равноценно влияли на содержание белка в зерне (12,1%). Смесь препаратов на фоне NPK обеспечила белковость зерна, равную 12,2%. Во всех случаях на фоне NPK максимальное содержание белка в зерне озимой ржи от биопрепаратов соответствовало внесению весенней азотной подкормки (табл. 2.41).

Анализ содержания азота в соломе озимой ржи показал, что концентрация его в побочной продукции менялась по годам и в зависимости от применения удобрений, биологических препаратов (табл. 2.42). В среднем за 4 года внесение РК-удобрений не увеличило содержание азота в соломе, а применение полного минерального удобрения увеличило его до 0,45% (табл. 2.42). От инокуляции семян биопрепаратами и их смесью отмечена тенденция увеличения концентрации азота в соломе. При этом на фоне РК действие флавобактерина и смеси ризоагрин и флавобактерина по действию на концентрацию азота в соломе было более значимо, чем ризоагрин. На фоне NPK-удобрений от инокуляции как отдельными биопрепаратами, так и их смесью отмечено увеличение содержания в соломе азота. При применении весенней азотной подкормки содержание азота в соломе было максимальным, в среднем за 4 года составило 0,57%.

Содержание фосфора в зерне озимой ржи в среднем за 4 года от внесения РК-удобрений имело тенденцию к повышению по сравнению с фоном без удобрений. Использование на фоне РК биопрепаратов не отразилось на

содержании фосфора в соломе. Внесение азотного удобрения также не изменило его концентрацию в зерне. Не произошло увеличения P_2O_5 в зерне на фоне NPK и от использования биопрепаратов. Вместе с тем, в результате азотной подкормки отмечено повышение содержания в зерне фосфора, что может быть связано со стимулирующим действием азота на поступление фосфора [Мосолов, 1979].

Таблица 2.42. Содержание элементов питания в зерне и соломе озимой ржи, % на

Вариант	Зерно		Солома		
	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без удобрений	0,79	0,75	0,40	0,40	0,92
P45K60 - фон 1	0,84	0,76	0,41	0,41	0,96
Ф1 +ризоагрин	0,86	0,77	0,43	0,42	0,99
Ф1 + флавобактерин	0,87	0,77	0,46	0,43	1,01
Ф1 + ризоагрин+флавобактерин	0,88	0,76	0,46	0,41	1,01
N30P45K60 - фон 2	0,84	0,76	0,45	0,41	1,02
Ф2 + ризоагрин	0,87	0,79	0,50	0,42	1,03
Ф2 + флавобактерин	0,88	0,78	0,50	0,41	1,06
Ф2+ ризоагрин +флавобактерин	0,87	0,78	0,51	0,42	1,07
N30P45K60 + N30 весной	0,91	0,79	0,57	0,44	1,08

Содержание фосфора в среднем за 4 года в соломе на контроле составило 0,40%. Использование минеральных удобрений и биопрепаратов практически не изменило в соломе озимой ржи содержание фосфора, которое составило от 0,42 до 0,44% P_2O_5 (табл. 2.42).

Минеральные удобрения и исследуемые биопрепараты на концентрацию K_2O в зерне практически не влияли. Оно в большей степени зависело от погодных условий вегетационного периода. В среднем за 4 года отмечена тенденция возрастания концентрации K_2O при внесении РК - удобрений и использовании на этом и на фоне NPK биопрепаратов, что может быть связано с усилением поглощения инокулированными растениями этого элемента из почвы.

Содержание калия в соломе озимой ржи (табл.2.42) зависело от погодных условий года, чем от применения минеральных удобрений и биологических препаратов. Однако следует заметить, что в среднем за 4 года наблюдается стабильная тенденция увеличения содержания калия в соломе от инокуляции семян флавобактерином и смесью биопрепаратов на обоих минеральных фонах. Действие ризоагрина на этот показатель было неэффективным.

Отмечено увеличение содержания K_2O за счет применения азотных удобрений весной на фоне РК.

Масса 1000 зерен озимой ржи (табл.2.40) в 1998 г. при внесении минеральных удобрений имела тенденцию к повышению. Инокуляция семян биопрепаратами на фоне РК увеличила этот показатель, причем флавобактерин действовал лучше ризоагрина, а сочетание двух биопрепаратов было эффективнее по сравнению с применением их в отдельности. На фоне NPK бактериальные препараты и их смесь действовали равнозначно.

В 1999 г. внесение минеральных удобрений увеличило массу 1000 зерен с 40,8 до 42,0 г. При применении биопрепаратов на обоих минеральных фонах наблюдалась тенденция увеличения массы 1000 зерен, при этом оба биопрепарата равнозначно действовали на этот показатель.

В 2000 г. масса 1000 зерен озимой ржи была максимальной, Применение фосфорно-калийных удобрений незначительно увеличило ее. Внесение азотных удобрений увеличило ее до 47,8 г. Инокуляция семян биопрепаратами на этих фонах одинаково действовала на массу 1000 зерен озимой ржи (47,6 - 47,7 г на первом фоне и 49,2 - 49,6 г на втором). Выше всех масса 1000 зерен была на варианте внесения азотного удобрения весной на фоне NPK.

В 2001 г. масса 1000 зерен озимой ржи была минимальной и на контроле она составила 33,4 г. Действие удобрений и биологических препаратов по сравнению с предыдущими годами было ниже.

Итак, анализируя данные массы 1000 зерен озимой ржи можно отметить, что она в большей степени зависела от погодных условий вегетационного периода, нежели от условий минерального питания. Хотя при улучшении последнего во все годы и в среднем за четыре года отмечено слабое увеличение этого показателя, что связано с улучшением условий для налива зерна. Использование биопрепаратов на РК- фоне практически не оказало влияния на массу 1000 зерен, в то же время на NPK - фоне проявлялось слабое положительное их действие на массу 1000 зерен (табл.2.40).

Анализ структуры урожая (табл.2.40) свидетельствует, что погодные условия вегетационного периода, применение минеральных удобрений и микроорганизмы, находящиеся на применяемых препаратах, оказывали определенное влияние на длину стебля, длину колоса и число зерен в колосе. Существенное влияние на длину стебля оказывали погодные условия. В засушливые годы длина стебля озимой ржи не превышала 72 см в 1998 г., 56,0 см в 1999 г. В благоприятный по тепло- и влагообеспеченности 2001 г. длина стебля на контроле составила 109,1 см, фосфорно-калийные удобрения не-

значительно увеличили длину стебля озимой ржи. Азот удобрений положительно влиял на длину стеблей озимой ржи, максимально этот эффект отмечен на варианте с применением азотной подкормки весной (128,4 см в 2001 г). Обработка семян бактериальными препаратами незначительно увеличила длину стебля. Среди биопрепаратов на первом фоне удобрения флавобактерин оказался эффективнее ризоагрина и их смеси. А на втором фоне удобрения резкого различия в действии на длину стебля бактериальных препаратов не отмечено. Незначительно превосходила по эффективности на этот показатель смесь двух препаратов, меньше всех повлияла обработка семян ризоагрином.

Итак, длина стебля зависела от погодных условий вегетационного периода и в меньшей степени от условий питания растений, хотя при их улучшении за счет внесения минеральных удобрений растения формировали более длинный стебель. Применение биопрепаратов как на фоне РК, так и на фоне NPK не обеспечило увеличения длины соломины.

Применение минеральных удобрений увеличивало длину колоса, за исключением варианта с применением фосфорно-калийных удобрений и полного фона удобрений в 1998 году. От применения биологических препаратов на первом минеральном фоне прослеживается тенденция увеличения длины колоса в 1998 и 2000 годах. В 1999 и 2001 годах действие бактериальных препаратов на этот показатель было на уровне контроля без удобрений. Действие биопрепаратов на втором минеральном фоне в среднем за 4 года отмечено на уровне фонового контроля (табл.2.40).

Итак, в результате применения минеральных удобрений растения озимой ржи формировали более длинный колос, что в конечном итоге положительно отразилось на увеличении урожая зерна. Использование биопрепаратов, практически, не отразилось на длине колоса озимой ржи.

При применении минеральных удобрений P45K60 и N30P45K60 прослеживается стабильная тенденция увеличения количества зерен в колосе во все годы исследования. Обработка семян озимой ржи бактериальными препаратами в основном обеспечила увеличение числа зерен в колосе. В 2001 г. от обработки ризоагрином количество зерен в колосе не изменялось и было равным значению контроля. Действие ризоагрина и флавобактерина и их смеси на число зерен в колосе по годам было непостоянным. Значительной разницы по этому показателю между препаратами не получено (табл.2.40).

Итак, число зерен в колосе зависело от погодных условий вегетационного периода и меньше от условий минерального питания растений. При внесении минеральных удобрений, как правило, во все годы в колосе отме-

чено возрастание числа зерен, биопрепараты хотя и явно не увеличивали этот показатель, однако отмечена слабая тенденция его увеличения, что косвенно подтверждает факт формирования более высокого урожая зерна.

2.2.2.Озимая пшеница

Озимая пшеница занимает большие посевные площади в стране, в том числе и в Нечерноземной зоне России. Значительное воздействие на продуктивность озимой пшеницы оказывают погодные условия вегетационного периода. Об этом свидетельствуют результаты статистической обработки данных зерновой продуктивности озимой пшеницы в среднем за годы исследований, полученных Семеновым П.Н. (2003) на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве в Республике Марий Эл. При средней урожайности зерна озимой пшеницы 26,0 ц/га, вклад различных факторов в ее формирование составил 99,3%, в том числе фактор условий вегетационного периода (главным образом погодных условий) - 91,7%, условий минерального питания- 5,17%, взаимодействия условий года и условий минерального питания- 2,43%. Вклад случайных факторов занимал всего 0,7%.

Анализ продуктивности озимой пшеницы в отдельные годы свидетельствует о том, что она существенно различалась (табл. 2.43). В неблагоприятном 1998 г. сбор зерна изменялся от 14,6 до 20,3 ц/га или прибавки были от 1,2 до 5,7 ц/га. Применение Р45К60 в этот год обеспечило получение достоверной прибавки урожая зерна. Инокуляция семян озимой пшеницы изучаемыми биопрепаратами на этом фоне дала прибавку 2,0-2,3 ц/га. Дополнительное внесение на фоне Р45К60 азотного удобрения в дозе 30 кг/га не увеличило сбор зерна.

Использование на фоне азотного удобрения биопрепаратов обеспечило дальнейший рост урожайности зерна озимой пшеницы, который в первый год составил от 2,4 до 2,6 ц/га, в то же время увеличение дозы азотного удобрения в два раза с 30 до 60 кг/га дало прибавку 3,5 ц/га. Исходя из значений НСР, эта величина равноценна прибавке, полученной от инокуляции семян исследуемыми биопрепаратами.

Во второй год полевого опыта, также как и в первом, погодные условия складывались неблагоприятно для роста и развития озимой пшеницы, что оказало негативное воздействие на формирование продуктивности. Сбор зерна в этом году изменялся от 15,0 до 20,5 ц/га. Применение РК-удобрений не обеспечило достоверного роста урожайности зерна. При посеве инокулированными семенами на фон РК прибавки урожая зерна составили 2,9-3,2

ц/га. Внесение азотного удобрения в дозе 30 кг/га в этом году не обеспечило увеличения урожая зерна по сравнению с фоном РК.

Таблица 2.43. Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна озимой пшеницы, ц/га

Вариант	1998 г.	1999 г.	2001 г.	Средняя
1. Без удобрений	14,6	15,0	35,1	21,5
2. P45K60- фон 1	15,8	16,0	35,9	22,6
3. Ф1+ризоагрин	18,1	18,9	37,8	25,0
4. Ф1+флавобактерин	17,8	19,0	37,8	24,9
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	18,0	19,2	38,5	25,2
6. №0P45K60-фон 2	16,8	16,2	42,6	25,2
7. Ф2+ризоагрин	19,2	19,3	46,2	28,2
8. Ф2+флавобактерин	19,4	19,2	46,8	28,5
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	19,6	19,5	46,8	28,6
10. N30P45K60+ N30 весной	20,3	20,5	49,2	30,0
P, %	2,4	3,2	1,5	1,2
НСР₀₅	1,2	1,7	1,8	0,8

Использование биопрепаратов на фоне внесения полного минерального удобрения во второй год опыта дало прибавку от 3,0 до 3,3 ц/га, или в тех же размерах, что и на фоне P45K60. Внесение под озимую пшеницу азотного удобрения в дозе 60 кг/га увеличило сбор зерна до 20,5 ц/га, что эквивалентно применению препаратов на фоне с внесением N30P45K60.

В третий год опыта в результате благоприятных погодных условий вегетационного периода озимая пшеница сформировала максимальный урожай зерна, который более чем в два раза превысил урожай предыдущих лет (табл. 2.43). Внесение P45K60 в этот год не увеличило, как и в 1999 г., урожайность озимой пшеницы. Инокуляция семян препаратами ассоциативных diaзотрофов на фоне P45K60 повысила урожайность зерна с 35,9 до 37,8-38,8 ц/га или от этого приема дополнительно получено 1,9-2,6 ц/га, что превышает значение НСР. Применение под озимую пшеницу азотного удобрения в дозе 30 кг/га обеспечило получение по отношению к фону дополнительно 6,7 ц/га и урожайность составила 42,6 ц/га. Другими словами, в год с достаточным количеством осадков азотное удобрение в дозе 30 кг/га превышало действие ризосферных биопрепаратов на озимой пшенице.

На фоне полного минерального удобрения за счет инокуляции семян ризоагрином, флавобактерином и их смесью урожайность зерна озимой пшеницы достигла 46,2-46,8 ц/га или дополнительно от этого приема было собрано 3,6-4,2 ц/га. При применении под культуру двойной дозы азотного удобрения получено 49,2 ц/га зерна и прибавка к фону 2 достигла 6,6 ц/га, что существенно больше, чем от использования биопрепаратов.

Среднегодовая урожайность в опыте изменялась с 21,5 до 30 ц/га (табл. 2.43). Применение фосфорно-калийных удобрений способствовало повышению урожайности зерна озимой пшеницы на 1,1 ц/га, в то время как от биопрепаратов прибавки к контролю достигали от 3,4 до 7,1 ц/га (табл. 2.44). От применения азотного удобрения в дозе 30 кг/га дополнительный сбор зерна составил 3,7 ц/га, от 60 кг/га, внесенных в два срока, 8,5 ц/га.

Анализируя действие исследуемых биопрепаратов на урожайность озимой пшеницы можно отметить, что дополнительный сбор составил 2,3-2,6 ц/га, все препараты были равноценны. Эффективность препаратов на фоне РК равноценна внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га, где прибавка составила 2,6 ц/га. На фоне с внесением азотного удобрения прибавки от инокуляции семян биопрепаратами составили 3,0-3,4 ц/га, что равноценно внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га.

Таблица 2.44. Прибавки урожая зерна озимой пшеницы от минеральных удобрений и биопрепаратов, ц/га. Среднее за 3 года.

Вариант	К фону без удобрений	От био-препарата	От N-удобрения
1. Без удобрений	-	-	-
2. P45K60- фон 1	1Д	-	-
3. Ф1+ризоагрин	3,5	2,4	-
4. Ф1+флавобактерин	3,4	2,3	-
5. Ф1+ризоагрин+флавобактерин	3,7	2,6	-
6. №0P45K60-фон 2	3,7	-	2,6
7. Ф2+ризоагрин	6,7	3,0	3,2
8. Ф2+флавобактерин	7,0	3,3	3,6
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	7,1	3,4	3,4
10. N30P45K60+ N30 весной	8,5	-	7,4

Улучшение условий минерального питания растений положительно отразилось на формировании соломы озимой пшеницы. Сбор побочной продукции существенно выше получен в 2001 г., в другие годы в результате менее благоприятных условий он был значительно меньше (табл. 2.45).

Применение под озимую пшеницу минеральных удобрений положительно сказалось на увеличении сбора соломы, который в среднем за три года изменился с 32,3 до 42-45 ц/га. Наибольшее увеличение этого показателя достигнуто от внесения азотного удобрения в дозе 60 кг/га. За счет ассоциативных diaзотрофов сбор соломы увеличился на фоне P45K60 с 33,7 до 37,3-37,9 ц/га или на 3,6-4,3 ц/га, на фоне с внесением азотного удобрений с 38,1 до 43 ц/га или на 4,2-4,8 ц/га. В то же время рост сбора соломы от внесения азотного удобрения в дозе 30 кг/га составил 4,4 ц/га на фоне РК и 6,7 ц/га на фоне полного минерального удобрения, что примерно соответствовало использованию биопрепаратов.

Таблица 2.45. Влияние биопрепаратов и удобрений на элементы структуры урожая озимой пшеницы, среднее за 3 года

Вариант	Сбор соломы, ц/га	Кхоз.	Длина стебля, см	Число зерен в колосе, шт
1. Без удобрений	32,3	0,40	58,6	29,2
2. P45K60- фон 1	33,7	0,40	59,4	29,1
3. Ф1+ризоагрин	37,7	0,40	60,2	29,3
4. Ф1+флавобактерин	37,3	0,40	60,3	29,2
5. Ф1+ризоагрин+флавобактерин	37,9	0,40	60,0	29,4
6. Ю0P45K60-фон 2	38,1	0,40	63,4	29,1
7. Ф2+ризоагрин	42,4	0,40	64,0	29,3
8. Ф2+флавобактерин	42,3	0,40	64,8	29,4
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	42,9	0,40	64,7	29,4
10. N30P45K60+ N30 весной	44,8	0,40	64,4	30,0

Изучаемые приемы не оказали существенного влияния на значение хозяйственного коэффициента, который во все годы проведения полевого опыта составил 0,40 (табл. 2.45).

Изучение показателей структуры урожая озимой пшеницы показало, что минеральные удобрения и биопрепараты способствовали увеличению длины стебля, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен (табл. 2.45).

Длина стебля была обусловлена погодными условиями вегетационного периода, в частности она сформировалась существенно больше в 2001 г. при достаточном снабжении растений влагой за счет атмосферных осадков. Вместе с тем, во все годы проведения опыта внесение минеральных удобрений за счет улучшения минерального питания способствовало формированию более

длинной соломины. Инокуляция семян биопрепаратами в результате многофункционального действия увеличила высоту стеблей озимой пшеницы. На фоне РК-удобрений это увеличение достигало 0,6-0,9 см, на фоне полного минерального удобрения- 0,6-1,4 см. В то же время от внесения азотного удобрения длина соломины возросла на фоне РК на 4,0 см, а при внесении двойной дозы азотного удобрения на 3,5 см.

Изменение условий минерального питания отразилось на формировании в колосе количества зерен (табл. 2.45). В частности инокуляция семян озимой пшеницы препаратами ризосферных diaзотрофов на фоне без внесения азотного удобрения повысила количество зерен в одном колосе на 0,1-0,3 шт., в то время как от внесения N30 изменений числа зерен в колосе не происходило. На фоне с применением полного минерального удобрения за счет инокуляции имела место тенденция увеличения озерненности колоса, такое же изменение этого показателя было и при внесении удвоенной дозы азотного удобрения. Вышесказанное свидетельствует о том, что микроорганизмы, входящие в состав биопрепаратов, способствуют некоторому увеличению озерненности колоса.

Урожайность тесным образом связана и с размерами массы 1000 зерен, которая, как правило, при улучшении условий жизни растений возрастает [Павлов, 1984]. Исследования показали, что как в отдельные годы выращивания озимой пшеницы, так и в среднем за 3 года полевого опыта применение под культуру минеральных удобрений и биопрепаратов способствовало получению более выполненного зерна (табл. 2.46).

Максимальная масса 1000 зерен была сформирована в условиях достаточной обеспеченности растений влагой (2001 г.), а минимальная при недостаточном снабжении растений влагой (1999 г.). В среднем за три года по сравнению с фоном P45K60 масса 1000 зерен от азотного удобрения в дозе 30 кг/га возросла с 41,5 до 42,2 г или 0,7 г. Инокуляция семян биопрепаратами на том же фоне повысила массу 1000 зерен на только 1,1-1,3 г. На фоне с внесением полного минерального удобрения увеличение массы 1000 зерен от биопрепаратов было более значимым. Если на фоновом варианте этот показатель составлял 42,2 г, то при использовании биопрепаратов он достиг 44,0-44,2 г или на 1,8-2,0 г больше. Вместе с тем при внесении азотного удобрения в два срока (30 кг/га до посева и 30 кг/га в весеннюю подкормку) масса 1000 зерен достигла 45,7 г.

Среди показателей качества зерна озимой пшеницы особое значение придается содержанию в нем сырого белка, сырой клейковины и ее деформации. Накопление в зерне сырого белка в зерне зависело от погодных усло-

вий в период его налива (табл. 2.46). При недостатке атмосферных осадков и при повышенной температуре воздуха в 1998 г. зерно характеризовалось максимальным накоплением сырого белка. Наоборот, при избыточном количестве атмосферных осадков в 2001 г. и недостатке суммы температур белковость зерна озимой пшеницы была минимальной.

В 1998 г. изменение условий минерального питания за счет внесения азотного удобрения в дозе 30 кг/га обеспечило слабую тенденцию увеличения содержания в зерне сырого белка. В другие годы эта доза азотного удобрения не влияла на содержание в зерне сырого белка. Вместе с тем, применение азотной подкормки на фоне допосевого внесения азотного удобрения, практически во все годы, повышало белковость зерна, что также отчетливо просматривается и в среднем за три года.

Инокуляция семян озимой пшеницы во все годы не увеличила белковость зерна на фоне РК-удобрения, поскольку в этом случае происходил рост зерновой продуктивности, а имеющиеся в почве запасы минерального азота не обеспечивали потребности зерновки в азоте.

На фоне с внесением полного минерального удобрения от биопрепаратов отмечена лишь слабая тенденция увеличения содержания в зерне сырого белка, которая по своей величине была значительно меньше по сравнению с внесением азотного удобрения до посева и в подкормку.

Таблица 2.46. Влияние биопрепаратов на массу 1000 зерен и содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы

Вариант	Масса 1000 зерен, г				Сырой белок, %			
	1998 г.	1999 г.	2001 г.	Сред	1998 г.	1999 г.	2001 г.	Сред
1. Без удобрений	42,3	35,2	45,5	41,0	14,6	11,1	10,1	12,3
2. P45K60- фон 1	42,3	36,5	45,8	41,5	14,8	11,0	10,0	11,9
3. Ф1+ризоагрин	44,0	37,6	46,4	42,7	15,4	11,4	10,5	12,4
4. Ф1+флавобактерин	43,2	38,4	46,2	42,6	15,6	11,2	10,6	12,5
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	43,6	38,2	46,6	42,8	16,4	11,2	10,4	12,7
6. №0P45K60-фон 2	42,6	36,9	47,2	42,2	15,6	11,1	10,3	12,3
7. Ф2+ризоагрин	46,0	38,5	48,0	44,2	16,0	11,6	10,8	12,8
8. Ф2+флавобактерин	45,8	38,9	47,8	44,0	16,0	11,9	10,9	12,9
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	45,1	39,3	48,2	44,2	16,1	11,9	10,9	13,0
10. N30P45K60+ N30 весной	46,1	40,1	51,0	45,7	18,1	13,0	11,1	14,3

Согласно ГОСТ 9353-90 зерно пшеницы по содержанию сырой клейковины разделяется на 6 групп. Максимальное содержание (более 36%) оценивается высшей группой качества, при содержании в зерне клейковины менее 18% оно относится к 4 и 5 группам качества.

Определение содержания сырой клейковины в зерне озимой пшеницы показало, что оно в первую очередь зависело от погодных условий во время налива зерна. Максимальное содержание сырой клейковины получено в зерне в 1999 г. (табл. 2.47), а минимальное при высоком урожае зерна, собранном в условиях влажного 2001 г.

Анализ действия минеральных удобрений и биопрепаратов на содержание в зерне сырой клейковины выявил положительное их влияние во все годы. В частности в 1998 и 1999 гг. биопрепараты на фоне без внесения азотного удобрения обеспечили тенденцию повышения накопления в зерне сырой клейковины. Внесение азотного удобрений во все годы способствовало увеличению содержания в зерне сырой клейковины, а в отдельные годы это наблюдалось и от использования биопрепаратов на фоне с внесением азотного удобрения.

Таблица 2.47. Влияние удобрений и биопрепаратов на содержание в зерне озимой пшеницы сырой клейковины и показатель ИДК

Вариант	Сырая клейковина, %				Показатель ИДК, ед.			
	1998г.	1999г.	2001г.	Сред.	1998г.	1999г.	2001г.	Сред.
1.Без удобрений	21,6	23,0	14,0	19,5	70	87	40	66
2.Р45К60- фон 1	21,7	23,3	14,0	19,6	75	75	40	63
3. Ф1+ризоагрин	22,6	26,0	14,0	20,9	75	87	40	67
4.Ф1+флавобактерин	22,5	25,2	15,0	20,9	63	85	40	63
5.Ф1 +ризоагрин+ флавобактерин	22,8	26,0	14,0	20,9	68	85	40	64
6.Н3 ОР45К60-фон 2	22,8	25,5	16,0	21,4	60	90	40	63
7.Ф2+ризоагрин	24,0	26,6	16,0	22,2	75	77	40	64
8.Ф2+флавобактерин	24,5	26,8	16,0	22,4	75	75	40	63
9.Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	24,1	26,9	16,0	22,3	78	80	40	66
10. N3ОР45К60+ N30 весной	23,9	28,5	16,0	22,6	63	77	40	60

По показателю деформации клейковины, оцениваемому в единицах ИДК, зерно мягкой пшеницы разделяется на три группы качества. Напри-

мер, в первой группе ИДК должен составлять от 45 до 75 единиц. Исходя из этого, зерно озимой пшеницы, полученное в 1998 г. соответствовало первой (хорошей) группе качества, в 1999 г.- второй (удовлетворительно слабой) и в 2001 г. второй удовлетворительно крепкой.

Что касается действия минеральных удобрений и биопрепаратов, то изменения показателя ИДК не выходили за пределы значений группы.

Содержание фосфора в зерне, в отличие от азота, было в меньшей степени связано с погодными условиями. Концентрация фосфора в зерне озимой пшеницы без внесения минеральных удобрений составила 0,92%, внесение фосфорного удобрения не влияло на концентрацию одноименного элемента в зерне (табл. 2.48). Применение инокулянтов также существенно не изменяло концентрацию фосфора в зерне, которая составляла 0,96-0,97%. Внесение азотного удобрения под озимую пшеницу по сравнению с фоном РК также не изменило концентрацию в зерне фосфора. Не происходило этого и от биопрепаратов на фоне полного минерального удобрения.

В отличие от фосфора, концентрация калия в зерне озимой пшеницы в большей степени определялась погодными условиями вегетационного периода. Максимальное накопление калия в зерне получено при недостатке атмосферных осадков и минимальное - при их избытке. Связано это с величиной урожайности зерна, о чем было сказано выше. На фоне без удобрений при содержании в зерне калия 0,68%, внесение под культуру РК-удобрений и применение на этом фоне биопрепаратов, практически, не влияло на его концентрацию. Аналогичная закономерность отмечена и на фоне с внесение азотного удобрения: содержание калия в зерне находилось в пределах от 0,74 до 0,75% (табл.2.48).

В побочной продукции- соломе содержание основных элементов питания растений в большей степени определялось погодными условиями вегетационных периодов, нежели использованием под озимую пшеницу минеральных удобрений и применением биопрепаратов (табл. 2.48).

Наибольшая концентрация азота в соломе озимой пшеницы была в 1998 г. 0,66- 1,13%. При внесении азотного удобрения отмечено возрастание содержания азота. В другие годы в соломе концентрация азота в соломе была в два и более раз меньше и отмечены те же направления изменения содержания азота в зависимости от использования аммиачной селитры. Применение биопрепаратов существенно не отразилось на концентрации азота в соломе.

Содержание фосфора в соломе озимой пшеницы определялось погодными условиями вегетационного периода и в меньшей степени применением минеральных удобрений и инокуляцией семян биопрепаратами. В год с дос-

таточным количеством атмосферных осадков, когда создавались благоприятные условия для формирования высокого урожая основной и побочной продукции, солома озимой пшеницы содержала минимальное количество фосфора.

Концентрация калия в соломе озимой пшеницы, в отличие от фосфора, меньше зависела от погодных условий. В отдельных случаях использование биопрепаратов на фоне с внесением РК-удобрений обеспечило возрастание накопление этого элемента в соломе, что является косвенным показателем увеличения устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды. Фоновое применение под озимую пшеницу фосфорно-калийных удобрений обеспечило увеличение концентрации калия в соломе, то же самое отмечено в отдельных случаях при использовании биопрепаратов.

Таблица 2.48. Химический состав зерна озимой пшеницы в зависимости от условий минерального питания, % на возд.-сух. в-во

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	1,91	0,92	0,68	0,43	0,26	0,64
2. P45K60- фон 1	1,92	0,94	0,70	0,42	0,29	0,72
3. Ф1+ризоагрин	2,00	0,96	0,70	0,44	0,29	0,77
4. Ф1+флавобактерин	2,01	0,96	0,72	0,46	0,31	0,82
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	2,04	0,97	0,70	0,44	0,30	0,80
6. №0P45K60-фон 2	1,98	0,93	0,72	0,48	0,31	0,78
7. Ф2+ризоагрин	2,06	0,95	0,73	0,51	0,33	0,77
8. Ф2+флавобактерин	2,08	0,95	0,74	0,51	0,32	0,79
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	2,09	0,97	0,75	0,51	0,30	0,80
10. N30P45K60+ N30 весной	2,26	0,97	0,75	0,70	0,32	0,81

В опыте Смоленского НИИСХ по изучению действия ризоагрин и флавобактерина на озимой пшенице Заря было установлено, что урожайность зерна в отдельные годы изменялась от 17,5 до 36,8 ц/га, а в среднем за 3 года от 20,0 до 30 ц/га (табл. 2.49).

Прибавки от применения биопрепаратов на фоне РК составили от 4,1 до 5,2 ц/га, что соответствовало внесению под озимую пшеницу азотного удобрения с осени в дозе 30 кг/га. Оба препарата, использованные как раздельно, так и бинарно, были одинаково равноценны по влиянию на урожайность зерна. Инокуляция семян на фоне осеннего внесения N30 достоверно увеличила урожайность озимой пшеницы, прибавки от изучаемых препара-

тов составили от ризоагрина 5,3 ц/га, флавобактерина — 2,8 ц/га и от бинарного их применения 3,9 ц/га, т.е. прибавки соответствовали весенней азотной подкормке в дозе 30 кг/га. При этом только флавобактерин несколько уступал им.

Значение хозяйственного коэффициента минимальное (0,40) получено при дробном внесении азотного удобрения, и при применении с осени N30. Биопрепараты на фоне РК слабо повышали долю зерна в общей биомассе растений, при этом выявленная тенденция сохранилась и для ризоагрина и бинарной инокуляции на фоне N30P60K90 (табл. 2.48).

Таблица 2.49. Влияние биопрепаратов и удобрений на озимую пшеницу, выращиваемую на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	К _х В	Сырой белок в зерне	Азот в соломе
			%	
1. P60K90 - фон 1	20,0	0,43	10,3	0,74
2. Ф 1 + ризоагрин	26,4	0,44	11,2	0,73
3. Ф 1 + флавобактерин	24,2	0,44	10,8	0,72
4. Ф 1 + 1/2 ризоагрин + 1/2 флавобактерин	25,2	0,44	11,1	0,75
5. N30P65K90 - фон 2	24,7	0,42	10,8	0,76
6. Ф 2 + ризоагрин	30,0	0,43	11,8	0,75
7. Ф 2 + флавобактерин	21,5	0,42	11,0	0,77
8. Ф 2 + 1/2 ризоагрин + 1/2 флавобактерин	28,6	0,44	11,4	0,74
9. N60P60K90	28,1	0,40	11,3	0,78

НСР₀₅

3,1

В результате использования биопрепаратов на фоне РК произошло повышение содержания в зерне сырого белка с 10,3 до 10,8-11,2%, в то время как в соломе при использовании ризоагрина и флавобактерина, от бинарной инокуляции этого не отмечено.

В результате внесения азотного удобрения в зерне повышалось содержание сырого белка, при этом инокуляция семян биопрепаратами обеспечивала такую белковость зерна, как внесение N30 с осени и N30 в весеннюю подкормку (табл. 2.48). в соломе озимой пшеницы от инокуляции на фоне NPK практически не происходило повышения концентрации азота.

Итак, данные этого опыта подтверждают эффективность биопрепаратов на озимой пшенице, выращиваемой на дерново-подзолистой почве. Она (эффективность) соответствует внесению под озимую пшеницу азотного

удобрения с осени в дозе N30, а на фоне N30PK в одном опыте уступает, а во втором - соответствует весенней подкормке азотным удобрением в дозе 30 кг/га.

Проанализируем действие ризоагрина и флавобактерина на урожайность озимой пшеницы сорта Память Федина в опыте, проведенном Рязанским ГПУ на темно-серой тяжелосуглинистой почве [Габибов, 2001].

На темно-серой лесной почве, характеризующейся более высоким плодородием по сравнению с дерново-подзолистыми почвами, в среднем за 3 года урожайность зерна составила от 21,5 до 26,9 ц/га (табл. 2.49). От ризоагрина не достигнуто достоверной прибавки (2,3 ц/га) урожая зерна, вместе с тем на 1,3% увеличилось содержание в зерне сырого белка. Флавобактерин обеспечил достоверный рост урожайности зерна (3,0 ц/га) и увеличение накопления в нем белка по сравнению с фоном без удобрений. Действие этого препарата на урожай зерна было эквивалентно внесению под озимую пшеницу азотного удобрения в дозе 30 кг/га. Посев семян, инокулированных ризоагрином, на фоне N30 положительно не влиял на урожайность зерна озимой пшеницы. Дробное внесение азотного удобрения в дозе 60 кг/га не обеспечило увеличения сбора зерна, хотя положительно отразилось на его белковости.

Таким образом, на темно-серой лесной почве флавобактерин увеличивает урожайность зерна и его белковость, при этом действие его равноценно внесению под озимую пшеницу с осени N30. Эффективность ризоагрина приближается к флавобактерину. При этом он не повышает урожайность зерна и на фоне допосевной дозы азотного удобрения. Во всех случаях биопрепараты обеспечивали повышение белковости зерна, особенно по сравнению с фоном без удобрений.

В опыте на выщелоченном малогумусном сверхмощном черноземе Краснодарского края инокуляция семян озимой пшеницы сорта Скифянка положительно сказалась на урожайности зерна [Рутор, 1999]. Использование биопрепаратов на фоне N40P80K60 с осени + N40 ранней весной повысило урожайность зерна с 41 до 79 ц/га, наиболее эффективными были препараты ризоагрин и флавобактерин, прибавки от их использования составили 7,1-7,9 ц/га. урожайность при этом достигала 61,5 и 52,3 ц/га, что соответствовало урожайности при внесении с осени N80P80K60 + N40 весной в подкормку. То есть на черноземе эффективность биопрепаратов соответствовала внесению N40. биопрепараты на 0,9-1,1% увеличивали в зерне содержание сырого белка и на 2,1-2,4% - сырой клейковины.

Таблица 2.49. Влияние ризоагрина и флавобактерина на озимую пшеницу на темно-серой почве. Среднее за 1996-1998 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Сырой белок в зерне, %
1. Без удобрений	21,5	11,7
2. Ризоагрин	23,8	13,0
3. Флавобактерин	25,5	13,0
4. N30	24,6	13,5
5. N30 + ризоагрин	25,5	13,9
6. N60 (N30 + N30)	26,9	14,8
НСР ₀₅	2,5	
P, %	3,5	

Таким образом, независимо от типа почвы, ризоагрин и флавобактерин обеспечивают увеличение урожайности зерна озимой пшеницы, при этом улучшаются показатели его качества.

2.2.3.0зимое тритикале

Озимое тритикале новая зерновая культура, которая выращивается в различных почвенно-климатических условиях. Оценку действия биопрепаратов на урожайность зерна проводили на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве в Республике Марий Эл [Семенов, 2003]. Погодные условия были в основном схожими и характеризовались недостатком атмосферных осадков в период вегетации, это обеспечило формирование близких урожаев в оба года проведения полевого опыта. Методом дисперсионного анализа выявлен вклад факторов в формирование урожая озимого тритикале. В частности на долю исследуемых факторов приходится 90.64%, 9.36% занимал случайный фактор. Среди изучаемых факторов на долю фактора год приходилось всего 0.07%. Основной вклад в формирование урожая озимой тритикале внесли условия минерального питания - 82.35%, на долю взаимодействия условий года и условий минерального питания приходилось 8.25%.

В зависимости от условий минерального питания растений, урожайность зерна озимого тритикале в 1998 г. изменялась от 19.0 до 28.0 ц/га, в 2000 г. от 20.3 до 26.8 ц/га, а в среднем за два года колебание составило от 19.7 до 27.4 ц/га.

Внесение под озимое тритикале фосфорно-калийного удобрения в дозе P45K60 увеличило урожайность на 1.4 ц/га (табл.2.50). Внесение с осени азотного удобрения в дозе 30 кг/га обеспечило увеличение урожайности зер-

на по отношению к контролю без удобрений на 4.3 ц/га, а прибавка к фону РК составила 2.8 ц/га.

Дополнительное внесение азотного удобрения в весеннюю подкормку увеличило прибавку урожая зерна до 6.7 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений, при этом рост урожайности по отношению к РК-фону составил 5.3 ц/га. Увеличение дозы азотного удобрения в два раза в этом случае сопровождалось адекватным увеличением урожайности зерна озимого тритикале.

Проанализируем действие биопрепаратов на урожайность озимой тритикале на фоне Р45К60. При использовании для инокуляции семян ризоарина дополнительный сбор зерна составил 4.3 ц/га, от флавобактерина- 4.4 ц/га и 5.1 ц/га от бинарного использования этих препаратов в половинных дозах.

Таблица 2.50. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на зерновую продуктивность озимого тритикале, ц/га

Вариант	1998 г.	2000 г	Уро- жайно- сть	Средняя Прибавка	
				к фону без удобрений	От био- препарата к фону
1. Без удобрений	19,0	20,3	19,7		
2. Р45К60- фон 1	20,1	22,1	21,1	1,4	
3. Ф1+ризоагрин	24,3	24,7	24,0	4,3	4,3
4. Ф 1 +флавобактерин	23,4	24,8	24,1	4,4	4,4
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	23,4	24,8	24,1	5,1	5,1
6. N3 0P45K60-фон 2	25,0	22,8	23,9	4,2	
7. Ф2+ризоагрин	27,8	26,6	27,2	7,5	3,3
8. Ф2+флавобактерин	28,0	26,8	27,4	7,7	3,5
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	28,0	26,8	27,4	8,1	3,5
10. N30P45K60+ N30 весной	27,1	25,7	26,4	6,7	
Р, %	1,9	2,2	2,1		
НСР ₀₅	1,3	1,5	1,4		

На фоне с внесением азотного удобрения при посеве озимого тритикале инокулированными семенами сбор зерна возрос с 23,9 до 27,2-27,4 ц/га,

при этом прибавка к фону составила 3,3-3,5 ц/га. От внесения азотного удобрения в дозе 30 кг/га с осени было получено от 2,8 до 3,3 ц/га. Внесение N30 в весеннюю подкормку обеспечило рост сбора зерна с 23,9 до 26,4 ц/га или на 2,5 ц/га. Дополнительный сбор зерна озимого тритикале от биопрепаратов на фоне с внесением азотного удобрения в дозе 30 кг/га был эквивалентен варианту с N60.

Погодные условия и уровень минерального питания растений отразились на длине стебля озимого тритикале (табл. 2.51). Она в первую очередь зависела от погодных условий вегетации. В 2000 г., когда в начале вегетации количество атмосферных осадков было близким к норме, растения имели большую длину стебля по сравнению с 1998 г. Характер влияния минеральных удобрений и биопрепаратов был идентичным в оба года. Следует подчеркнуть, что внесение РК-удобрений не обеспечило существенного увеличения линейной длины растений, в то же время и биопрепараты на этом фоне слабо влияла на линейную длину озимого тритикале. На фоне с внесением полного минерального удобрения длина растений была больше, и отмечена тенденция увеличения этого показателя от использования биопрепаратов.

Таблица 2.51. Влияние инокуляции семян озимого тритикале на показатели структуры урожая

Вариант	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт	Сбор соломы, ц/га	Кхоз.
1. Без удобрений	73,6	7,2	25,2	31,4	0,39
2. P45K60- фон 1	74,0	7,2	26,1	39,4	0,38
3. Ф1+ризоагрин	74,4	7,5	26,2	38,6	0,38
4. Ф1+флавобактерин	74,7	7,5	25,9	39,0	0,38
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	74,3	7,7	25,8	38,6	0,39
6. Ю0P45K60-фон 2	74,7	7,7	25,4	36,7	0,39
7. Ф2+ризоагрин	75,2	8,1	25,6	43,4	0,39
8. Ф2+флавобактерин	75,1	8,0	26,0	43,4	0,39
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	75,2	8,4	25,6	43,4	0,40
10. N30P45K60+ N30 весной	75,8	9,5	25,7	43,4	0,38

Число зерен в колосе озимого тритикале зависело от погодных условий года и меньше - от использования минеральных удобрений и биопрепаратов

(табл. 2.51). Вместе с тем, применение под культуру минеральных удобрений и инокуляции семян ризоагрином, флавобактерином и их смесью в половинных дозах обеспечило тенденцию увеличения в колосе числа зерен, что может свидетельствовать об улучшении условий жизнедеятельности растений.

Сбор побочной продукции при внесении фосфорно-калийного удобрения изменялся с 31,4 до 34,9 ц/га, применение инокулянтов на фоне РК увеличило сбор соломы до 38,6-39,0 ц/га. На фоне с внесением полного минерального удобрения сбор соломы изменился с 36,7 до 43,4 ц/га. Во всех случаях действие изучаемых биопрепаратов было равноценно (табл. 2.51).

Значение хозяйственного коэффициента не зависело от погодных условий вегетационного периода и применения под культуру минеральных удобрений и биопрепаратов. Во все годы доля зерна составила от 0,38 до 0,40 (табл. 2.51).

Масса 1000 зерен зависела от погодных условий в период налива зерна и уровня минерального питания растений в период вегетации. Более высокая масса 1000 зерен получена в 1998 г., меньше - в 2000 г., что связано с воздействием погодных условий (табл. 2.52). В среднем за два года, при улучшении условий питания растения в результате внесения минеральных удобрений, наметилась тенденция возрастания массы 1000 зерен, которая составила от внесения P45K60 0,4 г, от N30P45K60- 1,3 г и от N30+30P45K60- 3,8 г.

Инокуляция семян биопрепаратами на фоне РК увеличила массу тысячи зерен на 1,0-1,4 г, что соответствовало внесению под озимое тритикале азотного удобрения в дозе 30 кг/га. На фоне с внесением азотного удобрения увеличение массы 1000 зерен от биопрепаратов было более выражено по сравнению с фоном РК и достигло 2,6- 3,9 г и соответствовало внесению под озимое тритикале азотного удобрения в дозе 30 кг/га в предпосевную культувацию и 30 кг/га в весеннюю подкормку.

Содержание сырого белка в зерне озимого тритикале в 1998 г. изменялось с 15,8 до 17,2% и с 12,0 до 13,6% в 2000 г. (табл. 2.52). В оба года внесение с осени 30 кг/га азотного удобрения повысило количество белка в зерне, при этом применение весенней азотной подкормки обеспечило дальнейшее увеличение накопления белка в зерне. В результате инокуляции семян биопрепаратами на фоне P45K60 белковость зерна озимой тритикале возросла с 14,2% до 14,6-14,8%, что можно рассматривать как тенденцию. На фоне с внесением азотного удобрения увеличение белковости зерна под влиянием препаратов составило 0,3-0,5%.

Содержание фосфора в зерне озимого тритикале, практически, не изменялось от условий минерального питания (табл.2.53), в среднем в годы исследований оно накапливало 0,94-1,00% P₂O₅.

Концентрация калия в зерне существенно зависела от погодных условий вегетационного периода. Применение минеральных удобрений и биопрепаратов не отразилось на концентрации калия в зерне озимой тритикале. В среднем за два года зерно озимого тритикале содержало 0,89-0,96% K₂O.

Таблица 2.52. Действие биопрепаратов на массу 1000 зерен и содержание сырого белка в зерне озимого тритикале

Вариант	Масса 1000 зерен, г			Сырой белок, %		
	1998 г.	2000 г.	Средн.	1998 г.	2000 г.	Средн.
1.Без удобрений	47,7	39,4	43,6	15,8	12,0	13,9
2.P45K60- фон 1	47,4	40,5	44,0	15,8	12,4	14,2
3. Ф1+ризоагрин	49,1	41,5	45,3	16,2	13,3	14,8
4.Ф 1 +флавобактерин	48,8	41,9	45,4	16,1	13,1	14,6
5.Ф 1 +ризоагрин+флавобактерин	48,6	41,4	45,0	16,0	13,2	14,6
6.Ы30P45K60-фон 2	49,0	40,8	44,9	16,0	13,0	14,5 ^a
7.Ф2+ризоагрин	52,9	42,1	47,5	16,2	13,6	14,9
8.Ф2+флавобактерин	53,2	42,4	47,8	16,1	13,6	14,8
9.Ф2+ризоагрин+флавобактерин	53,3	42,3	47,8	16,4	13,6	15,0
10. N30P45K60 + N30 весной	52,8	42,0	47,4	17,2	13,5	15,4

Не выявлено значительных изменений концентрации азота, фосфора и калия в зависимости от применения под культуру биопрепаратов и минеральных удобрений (табл. 2.53). Содержание азота в соломе составляло от 0,48 до 0,58%, фосфора от 0,35 до 0,41% и калия 0,99 до 1,24%. Вместе с тем, в один из годов проведения опыта биопрепараты на фоне с внесением полного минерального удобрения увеличили концентрацию калия в соломе озимой тритикале с 0,87 до 0,99 - 1,07%, что может служить косвенным показателем устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды и как результат этот увеличения продуктивности этой зерновой культуры.

Таблица 2.53. Химический состав урожая озимого тритикале в зависимости от

Вариант	Зерно			Солома	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	0,94	0,89	0,48	0,35	0,99
2. P45K60- фон 1	0,97	0,91	0,48	0,37	1,04
3. Ф1+ризоагрин	1,00	0,91	0,50	0,38	1,03
4. Ф1+флавобактерин	1,00	0,92	0,51	0,40	1,04
5. Ф1+ризоагрин+флавобактерин	1,00	0,91	0,51	0,41	1,04
6. №0P45K60-фон 2	0,96	0,91	0,50	0,39	1,12
7. Ф2+ризоагрин	0,98	0,91	0,52	0,38	1,22
8. Ф2+флавобактерин	0,98	0,93	0,51	0,38	1,21
9. Ф2+ризоагрин+флавобактерин	0,98	0,91	0,53	0,40	1,24
10. N30P45K60+ N30 весной	1,00	0,96	0,57	0,39	1,24

2.3. Эффективность биопрепаратов в чистых и смешанных посевах яровой пшеницы и гороха

2.3.1. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы и гороха

Эффективность внесения минеральных удобрений и использования биопрепаратов в чистых и смешанных посевах яровой пшеницы (сорт Иргина) и гороха (сорт Альбидум) с соотношением компонентов в смеси U_2 и U_2 от нормы высева в чистом виде (3.5 млн. всхожих зерен пшеницы и 0.7 млн. - гороха) оценивали в полевом опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве [Лекомцев, 2002, Завалин, Пасынков, Лекомцев, 2003]. Урожайность зерна яровой пшеницы и семян гороха изменялась в зависимости от климатических условий весенне-летних периодов вегетации и в среднем по опыту в 1998 и 2000 гг. составила 16,3 ц/га). Более низкая средняя урожайность получена в неблагоприятном по погодным условиям 1999 г. - 14.3 ц/га (табл. 2.54). Возрастающие уровни азотного питания, независимо от инокуляции семян азотфиксирующими препаратами и вида посева (монопосев или смесь), существенно увеличивали урожайность зерна изучаемых культур. Независимо от инокуляции семян и уровня азотного питания урожайность гороха существенно ниже, чем пшеницы; урожайность смешанных посевов - ниже урожайности злаковой, но превышает продуктивность бобовой культуры.

От инокуляции семян пшеницы ризоагрином достоверная прибавка урожая по сравнению с фоном без инокуляции получена только на фоне без внесения азотного удобрения. При внесении N30 и N60 до посева использование ризоагрина привело к снижению урожая зерна. Инокуляция семян гороха ризоторфином существенно снижала сбор зерна только на фоне без азота, а при внесении N30 и N60 - не влияла на его величину. Вероятно, это связано с наличием в почве достаточного количества спонтанных азотфиксирующих бактерий, поскольку в селекционном севообороте горох возделывается с периодичностью 5 лет. Нельзя исключать и того обстоятельства, что у культуры гороха в процессе селекции на фоне азотных удобрений создаются сорта, ориентированные в основном на активное усвоение минерального азота [Амелин, 2001].

На фоне без азотного удобрения или при внесении N30 не отмечено достоверных различий величины урожая в вариантах смесей, где семена одного или обоих компонентов были инокулированы соответствующими биопрепаратами по сравнению со смешанным посевом без инокуляции. На фоне N60 по сравнению с другими вариантами смесей существенная прибавка урожая зерна получена только в смешанном посеве с инокуляцией семян бобового компонента. Следует отметить, что в 2000 г. при инокуляции семян монопосева пшеницы увеличения урожайности не происходило на всех фонах азотного удобрения. Инокуляция семян ризоторфином в монопосеве гороха увеличивала его урожайность только в 1999г. при внесении азотных удобрений.

Таблица 2.54. Влияние уровня азотного питания и азотфиксирующих препаратов на урожайность зерна, ц/га. Среднее за 1998...2000 гг.

№	Вариант	No	N30	N60
1.	Пшеница	16,7	19,0	20,4
2.	Пшеница + РА	17,4	18,2	19,7
3.	Горох	10,2	10,5	11,1
4.	Горох + РТ	9,4	10,4	11,2
5.	Пшеница + Горох	15,4	16,3	17,5
6.	(Пшеница + РА) + Горох	15,5	16,3	17,1
7.	Пшеница + (Горох +РТ)	16,0	16,3	19,0
8.	(Пшеница+РА)+(Горох+РТ)	15,9	16,9	17,7

$HCP_{05}(AB)=0.7$

$HCP_{05}(B) = 0.4$

$HCP_{05}(A) = 0.4$

При внесении азотного удобрения, независимо от инокуляции семян компонентов, в суммарном урожае смеси увеличивался сбор зерна злакового компонента.

Урожайность бобового компонента смеси на фоне N30 несколько ниже, а при внесении N60 выше, чем в варианте без внесения азотных удобрений. Независимо от фона азотного удобрения инокуляция семян компонентов смеси увеличивала урожайность бобовой и снижала - у злаковой культуры. С увеличением доз азота в урожае смешанных посевов наблюдалась устойчивая тенденция к возрастанию доли бобового и снижению - доли злакового компонента. Повышение доли гороха в общем урожае смеси по сравнению со смешанным посевом без инокуляции отмечено только без внесения азотного удобрения. В других вариантах смешанного посева (с инокуляцией семян одного или обоих компонентов) существенных различий в соотношении пшеницы и гороха в урожае смеси по сравнению со смешанным посевом без инокуляции не отмечено.

Наибольший вклад в формирование урожая чистых и смешанных посевов пшеницы и гороха принадлежал погодным условиям в период вегетации (66,7 и 95% - в монопосевах, 72,1 и 70,1% - в смешанных). Это свидетельствует о том, что при выращивании изучаемых культур в составе смеси влияние неблагоприятных погодных условий на урожай гороха снижается в 1,4 раза, а пшеницы - несколько возрастает. Фактор "вид посева" большее влияние оказал на урожай бобовой культуры (12.5%); у злаковой он ниже и составлял 5.6%. В смешанном посеве, по сравнению с одновидовым, роль азотных удобрений в формировании урожая пшеницы снижалась (7,3 и 0,4%), а гороха - несколько возрастала (2,1 и 3,9% соответственно). Инокуляция семян изучаемых культур оказала существенное влияние в формировании урожая гороха в монопосеве и обеих изучаемых культур в смешанных посевах. При этом большее влияние она оказала в формировании урожая злаковой культуры (3.9% - пшеница и 1.8% - горох). В чистых посевах пшеницы в формировании урожая существенно взаимодействие факторов "год - азот" (16.2%). Другие двойные взаимодействия ("год - инокуляция" и "азот - инокуляция") в чистых посевах яровой пшеницы, а также тройное взаимодействие факторов были низкими - 0.1 - 2.6 %. Доля влияния двойных взаимодействий факторов ("год - азот" и "год - инокуляция") в формировании урожая злаковой культуры смешанного посева составила лишь 5.3-5.8%. При этом довольно значительно взаимодействие трех факторов "год - азот - инокуляция" 9.1%. Доля влияния других двойных и тройных взаимодействий факторов в формировании урожая пшеницы составила 2.24 - 5.86%.

Доля влияния двойных взаимодействий "год - азот" и "год - инокуляция" в формировании урожая гороха в смешанных посевах достигла 6.9 - 9.5%, а взаимодействие трех факторов "год - азот — инокуляция" мало (3.4%). Доля влияния остальных двойных и тройных взаимодействий факторов в формировании урожая гороха довольно значительна и составляет 12.6 - 27.6%.

Как известно, урожайность зерновых культур определяется несколькими компонентами: числом продуктивных стеблей на единице площади, числом зерен в колосе и массой зерновки [Коданев и др., 1977].

С улучшением уровня азотного питания при внесении одноименного удобрения, независимо от инокуляции и вида посева, увеличивались общее количество растений, число продуктивных стеблей, масса зерна с одного колоса яровой пшеницы (табл. 2.55). На количество зерен в колосе возрастающие дозы азотных удобрений существенно не влияли. При инокуляции семян монопосева пшеницы отмечено увеличение общего количества растений и количества продуктивных стеблей только на фоне N30, а масса зерна с одного колоса и его озерненность независимо от уровня азотного питания увеличивается. Коэффициент продуктивной кустистости пшеницы в варианте с предпосевной инокуляцией семян выше, чем в варианте без инокуляции только при внесении N30 и N60.

В смешанных посевах общее количество растений меньше по сравнению с их одновидовыми посевами, поскольку норма высева компонентов составляла Уг от нормы высева в чистом виде [Вавилова, 1993]. Общая выживаемость растений яровой пшеницы в смешанных посевах несколько ниже, а масса зерна с одного колоса и его озерненность возрастали по сравнению с чистыми. В смешанных посевах без инокуляции семян и при инокуляции семян злакового компонента коэффициент продуктивной кустистости пшеницы увеличился. Наиболее высокое количество растений пшеницы на единице площади (1м^2) было в смешанном посеве при инокуляции семян бобового компонента смеси.

Инокуляция семян одного из компонентов смеси увеличивала количество продуктивных стеблей по сравнению с другими вариантами смешанного посева только на фоне без азота. Независимо от уровня азотного питания возрастал коэффициент продуктивной кустистости в смешанном посеве без инокуляции или с инокуляцией семян злакового компонента.

Масса зерна с одного колоса и его озерненность в смешанных посевах с инокуляцией семян одного или обоих компонентов смеси возрастала от инокуляции. Погодные условия в чистых посевах внесли наибольший вклад в формиро-

вание массы зерна с одного колоса и его озерненность, а в смешанных - в формировании общего количества растений и густоту продуктивного стеблестоя. Это свидетельствует о том, что при выращивании культур в составе смеси снижается влияние неблагоприятных погодных условий на массу зерна с одного колоса яровой пшеницы и его озерненность. Внесение азотных удобрений больше влияло на формирование общего количества растений, продуктивных стеблей и озерненность колоса в смешанных посевах, а в формировании массы зерна с одного колоса - в чистых. Инокуляция семян монопосева пшеницы оказала влияние на формирование общего количества растений и продуктивного стеблестоя.

Таблица 2.55. Изменение показателей структуры урожая яровой пшеницы. Среднее за 3 года.

Вариант		N0		N30		N60	
Общее количество растений, шт/м²							
1.	Пшеница	521		456		571	
2.	Пшеница + РА	354		527		403	
5.	Пшеница + Горох	233		220		273	
6.	(Пшеница + РА) + Горох	229		215		245	
7.	Пшеница + (Горох + РТ)	278		213		279	
8.	(Пшеница + РА) + (Горох + РТ)	184		205		278	
Количество продуктивных стеблей, шт/м²				Коэффициент продуктивной кустистости			
	N0	N30	N60	N0	N30	N60	
1	631	502	669	1.24	1.10	1.18	
2	388	577	510	1.11	1.11	1.34	
5	266	288	335	1.16	1.33	1.21	
6	284	262	300	1.22	1.21	1.23	
7	307	234	322	1.11	1.11	1.15	
8	221	241	320	1.21	1.17	1.14	
Масса зерна с одного колоса, г				Количество зерен в колосе, шт.			
№ вар.	N0	N30	N60	N0	N30	N60	
1	0.59	0.55	0.79	23	25	24	
2	0.62	0.76	0.78	28	27	26	
5	0.72	0.71	0.96	26	27	26	
6	1.16	0.73	1.17	28	27	28	
7	0.80	0.81	1.22	28	28	27	
8	0.75	1.06	0.96	29	27	28	

Поскольку норма высева семян в смешанных посевах культур снижена в 2 раза по сравнению с их одновидовыми посевами, вычленение доли влияния фактора "вид посева" по общему количеству растений и густоте продуктивного стеблестоя некорректны. Фактор "вид посева" наибольшее влияние оказал на формирование количества зерен в колосе (2.3%). Взаимодействие факторов "год - азот", "азот - инокуляция" и "год - азот - инокуляция" наибольшее влияние оказали в формировании массы зерна с одного колоса и озерненность колоса яровой пшеницы в чистых посевах. На массу зерна с одного колоса существенное влияние оказало также взаимодействие факторов "год - вид посева", "азот - вид посева" и "год - азот - вид посева" (8.1, 12.5 и 9.2 соответственно).

Общая выживаемость растений гороха в смешанных посевах несколько ниже, а масса зерна с одного боба и количество бобов на одно растение выше, чем в чистых (табл. 2.56). Независимо от фона азотного удобрения, инокуляция семян злакового или обоих компонентов смеси увеличила количество бобов на одном растении. При инокуляции семян обоих компонентов смеси соответствующими азотфиксирующими препаратами отмечено увеличение массы семян с одного боба по сравнению со смешанным посевом без инокуляции только на фоне N30.

В чистых посевах наибольший вклад в формировании общего количества бобов, общего количества растений и массы зерна с одного боба, а в смешанных посевах - в формировании количества семян в бобе внесли погодные условия. Это является свидетельством того, что при выращивании гороха в составе смеси, влияние неблагоприятных погодных условий на показатели структуры урожая, за исключением числа семян в одном бобе, снижается. Азотные удобрения больший вклад внесли в формирование всех показателей структуры урожая гороха в смешанных посевах, что, вероятно, связано с проявлением конкурентных взаимоотношений компонентов смеси.

Инокуляция семян монопосева гороха оказала максимальное влияние на формирование общего количества растений и массы семян с одного боба, тогда как в смешанных посевах вклад фактора "инокуляция" в формировании общего количества растений и семян в бобе был значительно меньше. Взаимодействие факторов "год-азот" в чистых посевах оказало большее влияние в формировании общего количества растений гороха, чем в смесях.

В чистых и смешанных посевах формирование урожая зерна обусловлено изменениями различных элементов структуры урожая, это, вероятно, связано с тем, что образование продуктивных органов происходит не одновременно, а более или менее последовательно. Поэтому низкие показатели

одного из компонентов комплекса могут в определенной степени компенсироваться за счет развития остальных [Jacobi, 1983].

Таблица 2.56. Изменение показателей структуры урожая гороха, среднее за 3 года

№	Вариант	N0			N30		N60	
Общее количество растений, шт./м²								
3.	Горох	199			189		208	
4.	Горох + РТ	146			156		202	
5.	Пшеница + Горох	61			113		113	
6.	(Пшеница+РА)+Горох	68			82		117	
7.	Пшеница+(Горох+РТ)	81			93		89	
8.	(Пшеница+РА)+(Горох+РТ)	66			78		87	
Общее количество бобов, шт./м²				Количество бобов, шт./раст.				
	No	N ₃₀	N ₆₀	No	N ₃₀	N ₆₀		
3.	467	421	622	2.5	2.3	3.0		
4.	301	344	537	2.1	2.2	2.7		
5.	143	264	384	2.4	2.4	3.4		
6.	174	236	400	2.6	2.8	3.3		
7.	136	235	310	1.7	2.6	3.5		
8.	152	290	282	2.4	3.7	3.2		
Масса семян гороха, г/боб				Количество семян, шт./боб				
	N0	N30	N60	N0	N30	N60		
3.	0,45	0,42	0,47	3	3	3		
4.	0,36	0,54	0,43	2	4	3		
5.	0,5	0,47	0,55	3	3	4		
6.	0,38	0,61	0,53	3	4	3		
7.	0,49	0,71	0,52	3	5	4		
8.	0,42	0,68	0,53	3	4	3		

Основными показателями технологических **качеств зерна яровой пшеницы** являются: масса 1000 зерен, натура, стекловидность и содержание золы [Натрова, Смочек, 1983; Чуб, 1980; Казаков, 1983; Кичигина, 1983; Егоров и др., 1984].

Внесение азотного удобрения, независимо от вида посева и инокуляции, обеспечило тенденцию увеличения массы 1000 зерен у обеих культур (табл. 2.57, 2.58). Инокуляция семян монопосевов пшеницы ризоагрином и гороха ризоторфином увеличила массы 1000 зерен пшеницы на 1.3, гороха - на 2 г.

Таблица 2.57. Показатели качества зерна яровой пшеницы. Среднее за 3 года

№	Вариант	N0	N30	N60
Масса 1000 зерен, г				
1.	Пшеница	29,6	29,3	29,8
2.	Пшеница + РА	30,7	30,8	31,4
5.	Пшеница + Горох	32,7	33,2	33,2
6.	(Пшеница+РА)+Горох	34,1	34,1	34,2
7.	Пшеница +(Горох+РТ)	33,6	33,3	33,1
8.	(Пшеница+РА)+(Горох +РТ)	34,2	34,1	34,1
Натура, г/л				
1.	Пшеница	752	739	739
2.	Пшеница + РА	744	742	734
5.	Пшеница + Горох	746	739	738
6.	(Пшеница+РА)+Горох	748	738	738
7.	Пшеница +(Горох+РТ)	742	743	740
8.	(Пшеница+РА)+(Горох +РТ)	739	741	735
Стекловидность, %				
1.	Пшеница	61	61	62
2.	Пшеница + РА	58	61	60
5.	Пшеница + горох	62	61	61
6.	(Пшеница+РА)+Горох	61	62	60
7.	Пшеница +(Горох+РТ)	62	61	60
8.	(Пшеница+РА)+(Горох +РТ)	60	61	60
Содержание золы в зерне, %				
1.	Пшеница	2.14	2.26	2.15
2.	Пшеница + Горох	2.30	2.58	1.95
5.	Пшеница + РА	2.33	2.50	2.07
6.	(Пшеница + РА) + Горох	2.22	2.21	2.42
7.	Пшеница + (Горох + РТ)	2.48	2.21	2.19
8.	(Пшеница+РА) + (Горох + РТ)	2.69	2.72	2.70

Независимо от инокуляции семян компонентов, выращивание пшеницы и гороха в смешанном посеве позволило получить зерно с большей массой 1000 зерен (на 2.1...3.4 г у пшеницы и 1,0...4,0 г у гороха). Большая масса 1000 зерен в монопосевах изучаемых культур получена в вариантах с инокуляцией (30.9 и 151 г) и в смешанных посевах с инокуляцией каждого из компонентов смеси соответствующим препаратом (34.1 и 153г). Минималь-

ная масса 1000 зерен пшеницы и гороха в смешанных посевах была без инокуляции компонентов (33.02 и 149 г).

В отличие от массы 1000 зерен, натурная масса зерна изучаемых культур с улучшением уровня азотного питания за счет применения удобрения имела тенденцию к снижению. Инокуляция семян одновидовых посевов пшеницы и гороха снижала натуру пшеницы на 3 г/л и повышала натуру зерна бобовой культуры на 2 г/л. При выращивании пшеницы и гороха в смешанном посеве натура зерна обеих культур ниже, чем в монопосевах (у пшеницы 1...5, у гороха на 17...23 г). Среди смешанных посевов наибольшая натура зерна получена у пшеницы при инокуляции бобового (742 г/л), а у гороха - злакового компонента смеси (778 г/л). Максимальная натура зерна у гороха получена в смешанном посеве без инокуляции семян (774 г/л).

Возрастающие дозы азотных удобрений, инокуляция семян и вид посева не влияли на величину стекловидности зерна яровой пшеницы. Исключение составляло зерно, полученное в смешанном посеве в 1998 г., когда происходило увеличение стекловидности на 3.3...5.0% и в 2000г. - ее снижение на 1.2...4.0%. Влияли на стекловидность зерна пшеницы условия увлажнения в период его налива : она была выше в 2000 г., а меньше - в 1999г. В 1998 г. в смешанных посевах пшеницы стекловидность зерна имела большее значение, чем в монопосеве.

Выравненность семян гороха была в пределах 70% и имела тенденцию к снижению с возрастанием доз азотного удобрения (табл. 2.58). Вид посева и инокуляция семян на выравненность зерна гороха не влияли.

При внесении N30, независимо от инокуляции и вида посева, наблюдалась тенденция к увеличению содержания сырой золы в зерне (у пшеницы на 0.05%, у гороха - на 0.24%). Повышение дозы азотных удобрений до N60 привело к снижению зольности зерна бобовой и злаковой культур. Инокуляция семян монопосева пшеницы и гороха не влияла на содержание сырой золы в зерне обеих культур. В смешанных посевах без инокуляции компонентов смеси или с инокуляцией только злакового компонента содержание сырой золы в зерне гороха несколько повышалось по сравнению со смешанным посевом без инокуляции. Больше сырой золы в зерне пшеницы накапливалось в смешанном посеве с инокуляцией каждого из компонентов соответствующим биопрепаратом (2.70%), у гороха - с инокуляцией только злакового компонента смеси ризоагрином (3.29%). Этот факт свидетельствует об улучшении снабжения растений макро- и микроэлементами в результате использования ризосферных микроорганизмов.

Таблица 2.58. Изменение показателей качества семян гороха. Среднее за 3 года

№	Вариант	N0	N30	N60
3.	Горох	150	147	150
4.	Горох + РТ	151	151	152
5.	Пшеница + Горох	148	149	150
6.	(Пшеница + РА)+Горох	149	151	153
7.	Пшеница + (Горох +РТ)	148	151	151
8.	(Пшеница +РА)+(Горох +РТ)	152	152	154
<i>Натура, г/л</i>				
3.	Горох	797	796	792
4.	Горох + РТ	798	798	794
5.	Пшеница + Горох	777	774	772
6.	(Пшеница + РА)+Горох	779	777	777
7.	Пшеница + (Горох +РТ)	776	778	772
8.	(Пшеница +РА)+(Горох +РТ)	777	773	774
<i>Выравненность, %</i>				
3.	Горох	77	76	77
4.	Горох + РТ	77	76	74
5.	Пшеница + Горох	74	72	74
6.	(Пшеница + РА)+Горох	76	73	74
7.	Пшеница + (Горох +РТ)	76	75	74
8.	(Пшеница +РА)+(Горох +РТ)	74	75	73
<i>Содержание сырой золы, %</i>				
3.	Горох	3,16	3,64	2,94
4.	Горох + РТ	3,14	2,77	3,07
5.	Пшеница + Горох	2,82	3,37	3,59
6.	(Пшеница + РА)+Горох	3,17	3,36	3,33
7.	Пшеница + (Горох + РТ)	2,72	3,18	3,01
8.	(Пшеница+РА) + (Горох + РТ)	2,81	2,94	3,00

Наибольший вклад в формировании массы 1000 зерен яровой пшеницы, как в чистых, так и в смешанных посевах принадлежит погодным условиям в период вегетации. Они оказали наибольшее влияние на формирование стекловидности зерна яровой пшеницы в чистых и в смешанных посевах. Азотные удобрения существенно влияли только в формировании натурной массы пшеницы. На массу 1000 зерен пшеницы в смешанных посевах существенно влиял фактор "вид посева" и фактор "инокуляция". Вклад фактора "инокуляция" в формирование массы 1000 зерен в чистых посевах выше

по сравнению со смешанным. При выращивании пшеницы и гороха в смешанном посеве инокуляция семян существенно влияла на содержание сырой золы в зерне злаковой культуры.

Погодные условия в период вегетации, оказали максимальное воздействие на формирование массы 1000 семян гороха в чистых и смешанных посевах, а также на формирование его природы в монопосеве и выравненное™ - в смешанном посеве.

Таким образом, воздействие погодных условий на формирование массы 1000 зерен и натурной массы при выращивании гороха в смешанных посевах снижается, а в формировании выравненное™ и содержании сырой золы в зерне - возрастает. Уровень азотного питания оказал существенное влияние в накоплении сырой золы в зерне гороха только в смешанных посевах, а фактор "вид посева" - природу и выравненность зерна; "инокуляция" - на содержание сырой золы в зерне гороха в чистых и смешанных посевах.

Одним из основных показателей, определяющих пригодность зерна яровой пшеницы для хлебопечения, является содержание и качество клейковины. Считается, что количество клейковинных белков в зерне пшеницы на 70% зависит от условий возделывания, а их качество в такой же мере определяется генотипом (сортовыми особенностями) [Вакар, 1961, 1966; Стрельникова, 1971; Коданев, 1976; Павлов, 1990, 1992; Труфанов, 1994; Попов и ДР, 1997].

Возрастающие дозы азотного удобрения независимо от инокуляции и вида посева во все годы исследований повышали содержание сырого белка и клейковины в зерне пшеницы (табл. 2.59). Минимальное содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне яровой пшеницы получено в монопосева без инокуляции, максимальное - при выращивании ее в смешанном посеве с инокуляцией семян бобового компонента (17.4%), сырой клейковины - с инокуляцией семян злакового компонента смеси (39.0%).

Инокуляция семян монопосева пшеницы увеличила абсолютное содержание сырого белка в зерне на 0.4%, сырой клейковины - на 2.1 %. При этом наибольшее увеличение (0.7%) содержания сырого белка под действием инокуляции семян было на фоне без азотного удобрения и на фоне N30 (0.4%). При внесении N60 изменений содержания сырого белка под действием ризоагрина не происходило. При выращивании пшеницы в смеси с горохом содержание сырого белка в зерне увеличилось на 1.3...1.8 % и на 7.7...9.4 % сырой клейковины.

Следовательно, при выращивании пшеницы в смешанном посеве с горохом в соотношении 1/2 от нормы высева в чистом виде, происходит суще-

ственное увеличение содержания сырого белка и сырой клейковины в зерне злакового компонента. Необходимо отметить, что увеличение содержания сырого белка и клейковины в зерне пшеницы смешанного посева наблюдается на всех фонах азотного питания, включая без внесения аммиачной селитры. При инокуляции семян злакового или обоих компонентов смеси азотфиксирующими препаратами отмечается тенденция увеличения накопления содержания сырой клейковины в зерне яровой пшеницы. При выращивании этой культуры в смешанном посеве с бобовой без азотного удобрения, независимо от инокуляции, получено зерно, соответствующее по содержанию сырой клейковины высшему классу (более 36%), тогда как в монопосеве даже при внесении N60 - только первому классу качества (29,6 и 31,7%).

Все это свидетельствует о том, что при выращивании пшеницы в смешанном посеве с горохом в соотношении $1/3$ от нормы высева в чистом виде может быть существенно снижена для получения зерна с равным или большим содержанием сырой клейковины по сравнению с выращиванием ее в чистом посеве доза азотного удобрения.

Учитывая то, что применение азотного удобрения в возрастающих дозах и инокуляция семян изучаемых культур оказали неодинаковое действие на содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы при различных погодных условиях вегетационного периода целесообразно остановиться на ее изменениях по годам исследований. В 1998 г. зерно пшеницы по содержанию сырой клейковины, соответствующие высшему классу качества (более 36%), не получено. В 1999 г. зерно высшего класса качества получено в моно- и смешанном посевах на фоне N60 независимо от инокуляции семян и в смешанном посеве без и с инокуляцией семян злакового или обоих компонентов смеси на фоне N30; в 2000 г. - в монопосеве с инокуляцией семян ризоагрином на фоне N60 и во всех вариантах смешанных посевов.

Зерно по содержанию сырой клейковины, соответствующие I классу качества (более 32%) в 1998 г. было получено в смешанном посеве с инокуляцией обоих компонентов смеси на фоне N30 и N60, а также на всех уровнях азотного питания в смешанном посеве без и с инокуляцией семян только злакового компонента смеси; в 1999г. - в монопосеве с инокуляцией семян ризоагрином на фоне N30 и в смешанных посевах с инокуляцией семян обоих компонентов на фоне без азота. В 2000 г. зерно пшеницы I класса качества получено только в варианте монопосева пшеницы с инокуляцией семян на фоне без азота, независимо от инокуляции семян на фоне N30 и на фоне N60 без инокуляции.

Для оценки технологических качеств зерна, наряду с количеством, большое значение имеет качество клейковины. Ее качество после отмывания оценивают на приборе ИДК-1 по способности шарика клейковины сопротивляться давлению и выражают в единицах шкалы [Павлов, 1990; Долгодворова, 1995]. В опыте не отмечено существенных изменений качества сырой клейковины в зависимости от изучаемых факторов: инокуляции, вида посева и уровень азотного питания (табл. 2.60). В годы проведения исследований качество сырой клейковины в зерне пшеницы соответствовало первой (хорошая 45...75) и второй (удовлетворительная слабая - 80... 100 ед. прибора ИДК -1) группе качества.

Таблица 2.59. Содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне яровой пшеницы. Среднее за 1998...2000 гг.

Вариант	N0	N30	N60
Сырой белок, %			
Пшеница	15,1	15,6	16,1
Пшеница + РА	15,8	16,0	16,1
Пшеница + Горох	16,6	17,1	18,1
(Пшеница + РА)+ Горох	16,2	16,6	17,9
Пшеница + (Горох + РТ)	16,6	17,4	18,0
(Пшеница + РА)+ (Горох +РТ)	16,7	17,3	17,9
Сырая клейковина, %			
Пшеница	26,7	29,7	32,5
Пшеница + РА	28,6	31,2	35,2
Пшеница + Горох	36,0	38,2	39,1
(Пшеница + РА)+ Горох	37,0	39,4	40,5
Пшеница + (Горох + РТ)	36,6	38,8	39,6
(Пшеница + РА)+ (Горох +РТ)	36,5	38,8	40,5

Таблица 2.60. Показатели качества сырой клейковины, ед. прибора ИДК-1. Среднее за 1998...2000 гг.

Вариант	N0	N30	N60
Пшеница	70	75	71
Пшеница + РА	81	85	70
Пшеница + Горох	73	69	73
(Пшеница + РА)+ Горох	74	75	76
Пшеница + (Горох + РТ)	77	74	81
(Пшеница + РА)+ (Горох +РТ)	76	76	76

Наибольшее влияние на накопление сырого белка и клейковины в зерне пшеницы, независимо от вида посева, оказали погодные условия в период вегетации. Значительная доля влияния погодных условий на содержание сырой клейковины в смешанных посевах объясняется большими колебаниями ее содержания по годам. Азотное удобрение существенный вклад внесло в формирование сырого белка в смешанных и сырой клейковины в одновидовых посевах. В смешанных посевах большое влияние в формирование содержания сырой клейковины и сырого белка в зерне пшеницы оказал фактор "вид посева". Инокуляция семян и взаимодействие факторов "год - азот" существенно влияли на содержание сырого белка и сырой клейковины только в монопосеве.

С возрастанием уровня азотного питания, независимо от инокуляции семян и вида посева, наблюдалась устойчивая тенденция повышения содержания сырого белка в семенах гороха (табл. 2.61). Минимальное содержание белка (22.8%) получено в смешанном посева при инокуляции семян злакового компонента ризоагрином, а максимальное (23.6%) - при выращивании гороха в чистом посеве без инокуляции. Инокуляция семян монопосева гороха ризоторфином снижала содержание белка в зерне на 0.3%. При выращивании пшеницы и гороха в смешанном посеве без инокуляции семян компонентов или с инокуляцией семян бобового или обоих компонентов биопрепаратами содержание сырого белка было несколько больше по сравнению с монопосевом и инокуляцией. При выращивании гороха в смешанном посеве с пшеницей отмечена тенденция к снижению белковости зерна.

Таблица 2.61. Содержание сырого белка в зерне гороха, % с.в.
Среднее за 1998...2000 гг.

Вариант	N0	N30	N60
Горох	23.4	24.0	23.4
Горох + РТ	22.7	23.2	23.8
Пшеница + Горох	22.7	23.8	23.7
(Пшеница + РА)+ Горох	22.0	22.9	23.5
Пшеница + (Горох + РТ)	22.8	22.7	24.3
(Пшеница + РА)+ (Горох +РТ)	22.6	23.0	23.5

На содержание сырого белка в зерне гороха как в моно-, так и в смешанном посевах наибольшее влияние оказали погодные условия в период вегетации.

Таким образом, при выращивании гороха в смешанном посеве воздействие неблагоприятных погодных условий вегетационного периода на нако-

пление сырого белка в зерне гороха ослабевает. Меньшее, но существенное влияние на накопление сырого белка в зерне бобовой культуры оказывают азотные удобрения, при этом в смешанном посеве они влияли больше (2,9%), чем в чистых (0,7%).

По данным отечественных авторов [Макашева, 1977; Дебелый, 1981, Васякин, 1982; Лукманова, 1979; Калинина и др. 1995] для оценки смешанных посевов используют показатель сбора белка (ц/га). С повышением уровня азотного питания в результате применения азотного удобрения отмечается тенденция к увеличению сбора белка с урожаем зерна (табл. 2.62).

Независимо от уровня азотного питания, инокуляции и вида посева пшеница отличалась большим сбором сырого белка с единицы площади, чем горох, что связано с более низкой урожайности бобовой культуры при неблагоприятных погодных условиях в период вегетации.

Таблица 2.62. Сбор сырого белка, кг/га. Среднее за 3 года

№	Вид посева	Дозы азота		
		N0	N30	N60
1.	Пшеница	250	300	330
2.	Пшеница + РА	270	290	320
3.	Горох	240	250	260
4.	Горох + РТ	210	240	270
	Пшеница + горох	280	310	360
5.	в т.ч. пшеница	180	190	190
	Горох	100	120	160
	(Пшеница + РА) + горох	300	310	340
6.	в т.ч. пшеница	130	180	190
	горох	170	130	150
	Пшеница + (горох + РТ)	300	310	380
7.	в т.ч. пшеница	180	190	220
	горох	120	120	160
	(Пшеница+РА)+(Горох+РТ)	290	320	350
8.	в т.ч. пшеница	190	200	210
	горох	110	130	140

При инокуляции семян монопосевов пшеницы и гороха соответствующими биопрепаратами отмечалась тенденция увеличения сбора белка у пшеницы на фоне без азота и у гороха на фоне N60. По сбору сырого белка в смешанном посеве, независимо от инокуляции семян компонентов, различий не отмечено. Независимо от уровня азотного питания и инокуляции семян

компонентов смеси, сбор сырого белка в смешанных посевах на 20...40 кг/га выше, чем в монопосевах пшеницы и гороха на 60...90 кг/га (10.3 и 30.6% соответственно). Таким образом, смешанные посевы пшеницы и гороха по сбору сырого белка с единицы площади имеют преимущество по сравнению с монопосевом.

На общую направленность биохимических и физиологических процессов в растении в период вегетации и формирование величины, структуры и качества урожая существенное влияние оказывают элементы минерального питания [Корманенко, 1967; Мосолов, 1968, 1969]. Главными минеральными элементами сырой золы являются фосфор и калий, на их долю приходится не менее 70 - 80%, магния - 11 - 13 % от общего количества зольных элементов [Плешков, 1980; Кретович, 1981]. При изменении уровня азотного питания существенных различий в содержании фосфора и калия в зерне не отмечено [Семенов, Караванова, 1970; Эделынтейн, Смирнова, 1971; Минеев, Павлов, 1982].

Содержание фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в зерне обеих культур было близким и слабо зависело от уровня азотного питания, инокуляции и вида посева. Содержание фосфора и калия в зерне в большей степени зависело от погодных условий в период вегетации, их вклад в накоплении фосфора в зерне пшеницы составлял 77.4%, калия - 21.3%, в зерне гороха - 46.9 и 55.7% соответственно.

Большие значения K_{x03} (табл. 2.63) у яровой пшеницы отмечены в год с нормальным увлажнением (2000 г.), гороха - в год с избытком влаги (1998 г). Независимо от фона азотного удобрения, инокуляции и вида посева в 1998 и 1999 г. величина K_{x03} у бобовой культуры выше, чем у злаковой, а в 2000 г. - ниже, что связано с различным уровнем увлажнения в период вегетации. С повышением доз азотного удобрения, независимо от инокуляции и вида посева, отмечается устойчивая тенденция к увеличению значения $K_{xю}$ у яровой пшеницы и гороха. Использование соответствующих азотфиксирующих препаратов как в моно-, так и в смешанных посевах увеличило величину K_{x03} у изучаемых культур. При выращивании яровой пшеницы и гороха в смешанном посеве отмечено увеличение K_{x03} у обеих культур по сравнению с их монопосевами. Наибольшая величина K_{x03} получено в смешанном посеве с инокуляцией обоих компонентов смеси соответствующими препаратами (пшеница - 0.36, горох - 0.36).

Таблица 2.63. Изменения хозяйственного коэффициента в урожае яровой пшеницы и гороха. Среднее за 1998...2000 гг.

№	Вид посева	Дозы азота		
		N0	N30	N60
Пшеница				
1.	Пшеница	0.31	0.28	0.36
2.	Пшеница + РА	0.24	0.36	0.43
5.	Пшеница + Горох	0.30	0.31	0.32
6.	(Пшеница + РА) + Горох	0.30	0.29	0.36
7.	Пшеница + (Горох +РТ)	0.27	0.36	0.41
8.	(Пшеница+РА)+(Горох + РТ)	0.33	0.35	0.41
Горох				
3.	Горох	0.27	0.27	0.31
4.	Горох + РТ	0.26	0.30	0.29
5.	Пшеница + Горох	0.30	0.31	0.32
6.	(Пшеница + РА) + Горох	0.34	0.35	0.36
7.	Пшеница + (Горох +РТ)	0.31	0.34	0.40
8.	(Пшеница+РА)+(Горох + РТ)	0.34	0.37	0.36

2.3.2. Физиолого - агрохимические параметры, определяющие накопление белка в зерне яровой пшеницы и гороха

Соотношение азота, накопленного биологическим урожаем, к содержанию его в растениях яровой пшеницы в фазу цветения ($N6_{ур./NuB}$), характеризует возможность растений потреблять азот в период налива зерна. Соотношение $N6_{ур./NuB}$ во всех изучаемых вариантах было выше 1, что свидетельствует о возможности растений потреблять азот в период формирования и налива зерна (табл. 2.64, 2.65). С возрастанием уровня азотного питания в результате внесения удобрения, независимо от инокуляции семян и вида посева, снижается возможность яровой пшеницы потреблять азот в период налива зерна. Исключение составлял монопосев пшеницы без инокуляции семян, где значение соотношения $Ib_{ур./ЛЧцв}$ оставалось неизменным (1.2).

У гороха при внесении азотного удобрения отмечено повышение потребления азота в период налива зерна только в смешанном посева с инокуляцией бобового компонента и монопосеве гороха с инокуляцией семян ризоторфином. Инокуляция семян монопосевов изучаемых культур увеличивала возможность

Таблица 2.64. Факторы, определяющие накопление белка в зерне яровой пшеницы.

Показатель		Вариант					
		1	2	5	6	7	В
№0							
Содержание N в растениях в цветении, г/100 растений		1.84	2.18	2.55	2.77	2.53	2.68
Содержание N в полную спелость, г/100 растений	зерно	1.65	1.84	2.47	2.95	2.37	2.92
	солома	0.61	1.22	1.31	1.64	1.37	1.34
	сумма	3.37	3.06	3.78	4.59	3.74	4.26
Реутилизация	г/100 раст.	1.24	0.95	1.24	1.13	1.16	1.35
	%	75.0	51.7	50.3	38.5	49.0	46.0
Поглощение N корнями	г/100 раст.	0.4	0.9	1.2	1.8	1.2	1.6
	%	25.1	48.3	49.7	61.5	51.0	54.0
Полнота оттока N	%	67.1	43.8	48.6	41.0	45.8	50.1
N б.ур. /N цв.		1.2	1.4	1.5	1.7	1.5	1.6
№30							
Содержание N в растениях в цветении, г/100 растений		2.52	2.63	3.30	3.75	3.19	4.07
Содержание N в полную спелость, г/100 растений	зерно	1.74	2.58	2.63	2.56	3.06	3.47
	солома	1.06	1.48	1.56	1.42	0.88	1.35
	сумма	2.80	4.06	4.19	3.98	3.94	4.82
Реутилизация	г/100 раст.	1.46	1.15	1.74	2.33	2.31	2.72
	%	83.7	44.4	66.1	91.0	75.4	78.4
Поглощение корнями	г/100 раст.	0.3	1.4	0.9	0.2	0.8	0.8
	%	16.3	55.6	33.9	9.0	24.6	21.6
Полнота оттока N	%	57.8	43.6	52.8	62.1	72.4	66.8
N б.ур. /N цв.		1.2	1.1	1.3	1.2	1.3	1.2
№60							
Содержание N в растениях в цветении, г/100 растений		2.85	3.57	3.72	4.61	4.24	4.50
Содержание N в полную спелость, г/100 растений	зерно	2.52	2.87	3.25	3.94	4.27	4.11
	солома	0.93	0.90	1.67	1.46	1.15	1.22
	сумма	3.45	3.77	4.92	5.40	5.42	5.33
Реутилизация	г/100 раст.	1.92	2.67	2.06	3.15	3.10	3.28
	%	76.4	93.0	63.3	79.9	72.6	79.8
Поглощение корнями	г/100 раст.	0.6	0.2	1.2	0.8	1.2	0.8
	%	23.7	7.0	36.7	20.1	27.4	20.2
Полнота оттока N	%	67.4	74.7	55.2	68.3	72.9	72.9
N б.ур. /N цв.		1.2	1.1	1.3	1.2	1.3	1.2

корневой системы яровой пшеницы поглощать азот в период налива зерна только на фоне без азота, а гороха - при внесении N30 и N60. При выращивании яровой пшеницы в смеси с горохом на фоне без внесения азотного удобрения увеличивается возможность корневой системы злаковой культуры поглощать азот в период налива зерна.

При выращивании гороха в смешанном посеве с яровой пшеницей, независимо от инокуляции семян компонентов смеси и фона азотного удобрения, отмечена тенденция увеличения поглощения азота корнями в период налива зерна. Максимальное значение этого показателя у яровой пшеницы (1.7) было в смешанном посеве при инокуляции семян злакового компонента ризоагрином на фоне N0, а у гороха (1.6) в смешанном посеве без инокуляции семян.

Известно, что около 2/3 белка в зерне пшеницы синтезируется в результате оттока (реутилизации) азотистых веществ из вегетативных органов, накопленных к началу цветения, а 1/3 - за счет потребления азота корневой системой в период налива и созревания зерна [Павлов, 1969; 1984; Павлов, Колесник, 1974; Павлов, Чергинцев, 1980].

В данном опыте с усилением уровня азотного питания за счет применения азотного удобрения, независимо от инокуляции и вида посева, реутилизация азота в зерно для формирования белка из вегетативных органов у обеих культур увеличивалась, а поглощение азота корневой системой соответственно снижалось. Данный факт свидетельствует, что в растениях к периоду налива зерна содержалось достаточное количество азота. За счет инокуляции семян монопосевов культур соответствующими биопрепаратами увеличилась реутилизация азота и соответственно снизилось на 19.1% поглощение азота корневой системой у растений пшеницы на фоне без внесения азотного удобрения и на 10.4% при внесении N60, у гороха на 19.6% - при инокуляции семян монопосева ризоторфином на фоне N60. При выращивании яровой пшеницы в смешанном посеве и инокуляции семян одного или обоих компонентов смеси соответствующими азотфиксирующими препаратами величина реутилизации азота в зерно у злаковой культуры выше, чем в монопосеве с инокуляцией семян. У гороха в смешанном посеве, независимо от азотного фона и инокуляции семян компонентов, величина реутилизация азота ниже, чем в монопосеве. Максимальная величина реутилизации азота у пшеницы (91%) была в смешанном посеве при инокуляции семян злакового компонента на фоне N30. Инокуляция семян обоих компонентов смеси биопрепаратами увеличила величину реутилизации азота у гороха по сравнению

Таблица 2.65. Физиолого-биохимические факторы, определяющие накопление

Показатель		Вариант					
		з	4	5	6	7	8
		N0					
Содержание N в растениях в цветении, г/100 растений		4.57	4.12	4.56	4.56	4.83	4.53
Содержание N в полную спелость, г/100 растений	Зерно	3.54	3.17	3.95	4.35	3.91	4.38
	Солома	2.62	1.90	3.11	2.23	2.29	2.17
	Сумма	6.16	5.06	7.06	6.58	6.20	6.54
Реутилизация	г/100раст	1.95	2.23	1.46	2.33	2.54	2.37
	%	55.0	70.1	36.9	53.5	64.9	54.1
Поглощение корнями	г/100раст	1.59	0.94	2.49	2.02	1.37	2.01
	%	45.0	29.9	63.1	46.5	35.1	46.0
Полнота оттока N	%	42.6	53.8	31.7	51.0	52.6	52.1
N б.ур. / N цв.		1.35	1.23	1.55	1.44	1.28	1.44
		N30					
Содержание N в растениях в цветении, г/100 растений		5.97	5.56	5.74	6.33	5.92	6.53
Содержание N в полную спелость, г/100 растений	Зерно	4.06	4.58	4.80	5.50	4.88	6.05
	Солома	3.03	2.88	3.62	3.15	2.96	3.13
	Сумма	7.09	7.46	8.43	8.66	7.84	9.18
Реутилизация	г/100раст	2.94	2.68	2.11	3.18	2.96	3.40
	%	72.5	58.7	44.2	57.8	60.6	56.2
Поглощение корнями	г/100раст	ш	1.90	2.69	2.32	1.92	2.65
	%	27.5	41.3	55.8	42.2	39.4	43.8
Полнота оттока N	%	49.3	48.2	36.8	50.1	49.9	52.0
N б.ур. / N цв.		1.19	1.34	1.47	1.37	1.33	1.41
		N60					
Содержание N в растениях в цветении, г/100 растений		7.43	7.32	7.01	7.71	7.82	7.99
Содержание N в полную спелость, г/100 растений	Зерно	5.54	5.86	5.25	6.60	7.48	6.56
	Солома	4.07	3.82	4.15	3.97	3.54	3.90
	Сумма	9.61	9.68	9.40	10.6	11.0	10.45
Реутилизация	г/100раст	3.36	3.50	2.86	3.74	4.28	4.09
	%	60.8	60.0	54.5	56.6	57.3	62.0
Поглощение корнями	г/100раст	2.18	2.36	2.39	2.85	3.21	2.47
	%	39.2	40.1	54.5	43.4	42.7	38.0
Полнота оттока N	%	45.2	47.6	40.7	48.4	54.7	50.9
N б.ур. / N цв.		1.30	1.33	1.34	1.37	1.41	1.31

со смешанным посевом без инокуляции. С увеличением доз азотных удобрений величина реутилизации азота у злаковой культуры существенно возрастает (51.7...77.5), в то время как у гороха она практически не изменяется (55.8...58.5%).

Полученные данные свидетельствует о том, что в зависимости от условий увлажнения весенне-летнего периода вегетации и обеспеченности растений пшеницы азотом, как в чистых, так и в смешанных посевах без или с инокуляцией семян биопрепаратами соотношение между этими двумя основными источниками азота (накопленного в вегетативной массе к периоду цветения и поглощенного из почвы корневой системой в период налива зерна) в формировании белка в зерне может существенно изменяться.

Таблица 2.66. Показатель обеспеченности зерна азотом для фазы

№	Вид посева	N ₀	N ₃₀	N ₆₀
Яровая пшеница				
1.	Пшеница	29.4	27.8	34.7
2.	Пшеница + РА	30.7	36.2	37.5
5.	Пшеница + горох	32.5	32.3	35.2
6.	(Пшеница + РА) + горох	39.9	34.3	42.2
7.	Пшеница + (горох + РТ)	32.3	36.3	45.4
8.	(Пшеница+РА) + (горох + РТ)	36.9	41.0	44.8
Горох				
3.	Горох	29.9	32.3	42.1
4.	Горох + РТ	30.0	36.6	39.2
5.	Пшеница + горох	33.1	35.5	36.0
6.	(Пшеница + РА) + горох	39.1	44.6	49.7
7.	Пшеница + (горох + РТ)	32.9	37.3	52.0
8.	(Пшеница+РА) + (горох + РТ)	37.1	46.8	47.9

У злаковой культуры при повышении доз азота, независимо от инокуляции и вида посева, отмечено увеличение полноты оттока азота, а бобовой - существенных изменений не было. Инокуляция семян монопосева пшеницы ризоагрином, независимо от фона азотного удобрения, снижала величину полноты оттока у злаковой культуры, а инокуляция ризоторфином семян монопосева гороха увеличивала ее. Независимо от инокуляции, выращивание пшеницы в смешанном посеве только на фоне N₃₀ увеличило полноту оттока по сравнению с монопосевами, а у бобовой культуры - на фоне N₆₀.

На всех фонах азотного удобрения инокуляции одного или обоих компонентов смеси увеличила полноту оттока азота из вегетативных органов в зерно гороха, а у яровой пшеницы это происходило только при внесении азотного удобрения. У пшеницы полнота оттока выше по сравнению с горохом.

Основной физиологической причиной, определяющей уровень накопления белка в зерне, является количество азотистых веществ, приходящееся на единицу массы зерна или "Показатель обеспеченности зерна азотом" - Поз. N [Павлов, 1990]. С повышением доз азотного удобрения значения Поз. N возрастали у обеих изучаемых культур (табл. 2.66). Независимо от фона азотного питания, при инокуляции семян монопосева яровой пшеницы отмечено возрастание на 13.7%. Поз. N. При выращивании пшеницы в смешанном посеве с горохом на всех фонах азотного питания и инокуляции семян биопрепаратами Поз. N у пшеницы на 8.8... 17.5% выше по сравнению с монопосевом, гороха - 8.0...37.7%. При инокуляции семян бобового компонента смеси отмечается тенденция к увеличению Поз. N у пшеницы при всех дозах азотного удобрения. У инокулированного монопосева посева гороха происходило снижение на 17.0%. Поз. N.

2.4. Роль почвенных и метеорологических условий и азотного удобрения в эффективности инокуляции зерновых культур ризоагрином

Известно, что ризоагрин увеличивал активность нитрогеназы в ризосфере риса и озимой пшеницы, измеренную ацетиленовым методом; одновременно возрастал вынос азота растениями. По заключению В.Ф.Патыки (1991) положительное действие препарата на продуктивность обусловлено одновременно двумя механизмами: потреблением культурой азота, фиксированного агробактериями, и их антипатогенным действием.

Применение ризоагрина на различных культурах в большинстве случаев повышает урожайность [Патыка, 1991, Завалин, Кожемяков, 2001, Завалин, 1998, Кожемяков, Доросинский, 1989, Кузнецов и др., 1999, Патыка, 1997, Патыка и др., 1997]; наблюдался также нулевой [Патыка, 1991, Завалин, 1998, Кузнецов и др., 19995] и отрицательный [Патыка, 1991] эффект. Используя результаты полевых опытов, выполненных в различных почвенно-климатических условиях проведена оценка эффективности инокуляции зерновых культур *Agrobacterium radiobacter* в зависимости от азотного удобрения, почвенных и метеорологических условий [Завалин, Чистотин, Кожемяков и др., 2001, Чистотин, 2001].

Действие ризоагрина на урожайность оценивали с помощью дисперси-

онного анализа. В качестве оценки случайной вариации для каждого отдельного годоопыта использовано различие эффекта между пространственными повторениями. Для проверки гипотез об отсутствии действия препарата применен t -критерий. При построении линейных моделей связи эффекта ризоагрина на продуктивность с показателями, характеризующими метеорологические и почвенные условия, использован метод наименьших квадратов. Оценки параметров моделей получены квазиньютоновским методом. Рассчитаны множественные коэффициенты корреляции r .

Эффект препарата сильно варьировал в отдельные годы исследований. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (опыт 1) инокуляция повышала урожайность яровой пшеницы только в 1998 г. на фоне РК; в остальных случаях эффект отсутствовал. Во втором опыте, то же на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, в 1996 г. внесение бактерий не влияло на продуктивность культуры, а в последующие три года повышало ее, причем в равной степени, независимо от азотного удобрения. В опыте 3 (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва) проявлялась тенденция к росту урожайности, хотя эффект меньше НСР_у.

У ячменя на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (опыт 4) действие агробактерий в разные годы было положительным или отсутствовало. В опыте 5 на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве эффект не проявлялся в оба года исследований. В остальных двух экспериментах (опыт 6 и 7) он во все годы был положительным, причем в двух случаях несколько меньшим на фоне N. Вероятно, эффекты отрицательного взаимодействия (на пшенице такое взаимодействие отмечено в одном из годоопытов) недостаточно велики для вывода о закономерном ослаблении действия *A. Radiobacter* 204 при внесении минерального азотного удобрения. Ранее в микрополе-вом опыте с яровой пшеницей наблюдалось, наоборот, более выраженное его положительное действие на фоне N30 по сравнению с безазотным фоном [Завалин, Кожемяков и др., 2001].

Максимальная из всех годоопытов прибавка урожайности пшеницы составила 0,53 т/га (70 % от контроля без инокуляции), а ячменя - 0,74 т/га (81 % от контроля). Четкого отрицательного действия штамма не было ни в одном из опытов табл. 2.67, 2.68).

Чтобы выявить причины варьирования эффекта, была проанализирована его связь с показателями, характеризующими почвенные и метеорологические условия проведения опытов. Для обеих культур выявляется зависимость эффекта инокуляции от реакции почвенной среды и количества атмосферных осадков в первую половину вегетации. Как известно, действие каж-

дого экологического фактора зависит от значений других факторов. Исходя из этого, в модели было включено взаимодействие независимых переменных. На рисунке 2.2 даны поверхность регрессии и уравнение регрессии для яровой пшеницы, под которую было внесено азотное удобрение (обозначения переменных: e - эффект препарата, pH - $pH_{\text{СОЛ}}$ / W - количество осадков за май - июнь); точками показаны фактические значения эффекта. Согласно модели, отсутствие действия ризоагрина в опыте 1, независимо от увлажнения, объясняется повышенной кислотностью почвы, которая в соответствии с экологическим законом минимума лимитирует эффект. При этом в 1996 и 1997 гг. урожайность на контроле в этом опыте была выше, чем в остальных (табл. 2.67).

Таблица 2.67. Влияние ризоагрина на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га

Опыт	Ч	Фон	Без ризоагрина	С ризоагрином	Действие ризоагрина				Взаимодействие ризоагрина с азотным удобрением	
					Эффект	НСР _о	НСР _о	НСР _{оо}	Эффект	НСР _о
1	08	P45K60	2,96	3,12	0,16				-0,12	0,23
		N30P45K60	3,38	3,29	-0,08	0,32	0,61	0,98		
	Г*	P45K60	3,43	3,34	-0,09				0,01	0,23
		N30P45K60	4,38	4,32	-0,06	0,32	0,54	0,75		
	002	P45K60	0,75	1,28	0,53				-0,31	0,28
		N30P45K60	1,49	1,41	-0,08	0,40	0,76	1,23		
2	§	P60K60	2,36	2,42	0,05				0,00	0,09
		N30P60K60	2,52	2,58	0,06	0,13	0,23	0,33		
	Г-§	P60K60	2,27	2,58	0,31				0,07	0,15
		N30P60K60	2,77	3,21	0,44	0,21	0,38	0,56		
	00§	P60K60	1,88	2,07	0,19				0,00	0,10
		N30P60K60	2,08	2,27	0,19	0,14	0,25	0,36		
	1	P60K60	1,82	2,00	0,18				0,00	0,07
		N30P60K60	1,87	2,05	0,18	0,09	0,16	0,24		
3	00§	P30K30	1,64	1,79	0,15				0,01	0,16
		N30P30K30	2,30	2,46	0,16	0,22	0,42	0,68		

При последовательном приближении реакции почвы к нейтральной в опытах 3 и 2 эффект агробактерий возрастает. Тем не менее, в засушливые 1998 и 1999 гг. он не превышает 0,2 т/га. В 1997 г. при высоком увлажнении

прибавка урожайности достигает максимального значения. Таким образом, проявляется положительное взаимодействие рассматриваемых факторов.

Эффект ризоагрина на урожайность пшеницы на фоне РК-удобрений практически не зависит от реакции почвы и метеорологических условий ($r = 0,14$ при 9 парах наблюдений).

Для ячменя зависимости, аналогичные первой модели, наблюдаются на обоих фонах удобрений. На рисунке 2.3 представлены результаты совместного анализа данных, полученных на двух фонах. Вывод о положительной зависимости эффективности ризоагрина на ячмене от осадков мая - июня был сделан в полевом опыте на темно-серой лесной почве [Кузнецов и др., 1999].

В каждой из моделей действие независимых переменных на эффект подчиняется закону минимума. Можно ли считать, что лимитированию при их неблагоприятных значениях подвергаются физиологические процессы в растениях и продуктивность остается низкой независимо от фактора действия бактерий? Опытные результаты не дают достаточного подтверждения для этого предположения. Урожайность обеих культур на контроле без инокуляции не коррелирует с прибавкой от препарата, а также с реакцией почвы. Общий уровень урожайности ячменя положительно связан с влагообеспеченностью мая - июня. Но для второй культуры такая связь не проявляется.

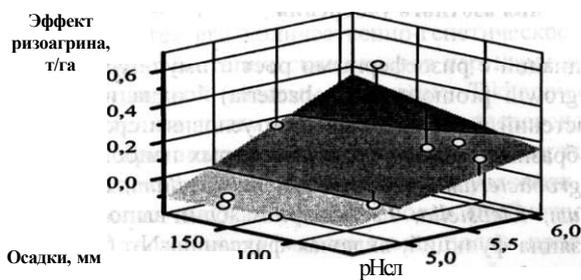
Альтернативное объяснение может заключаться во влиянии рассматриваемых экологических факторов на активность бактериального компонента ассоциации. В чистой культуре для *A. Radiobacter* 204 оптимален интервал рН от 5,8 до 9,0 [Патыка, 1991].

Однако в исследованиях с обладающим ростстимулирующим действием штаммом *A. Radiobacter* 10 из коллекции ВНИИСХМ его реакция на изменение рН от 4,0 до 6,5 в жидкой питательной среде и в почвенных условиях (при внесении в ризосферу ячменя в вегетационных опытах) была различной. Кроме того, численность бактерий в ризосфере не была связана с эффектом на биомассу и урожайность культуры [Белимов и др., 1998]. При моделировании в вегетационных опытах различной влажности почвы (в интервале 30-90 % ППВ) также не проявлялась корреляция между выживанием этого штамма и его действием на продуктивность ячменя [Белимов и др., 1994]. Отсутствие зависимости эффективности инокуляции от плотности популяции многократно отмечалось и для других видов ризосферных бактерий.

Таблица 2.68. Влияние ризоагрина на урожайность зерна ярового ячменя, т/га

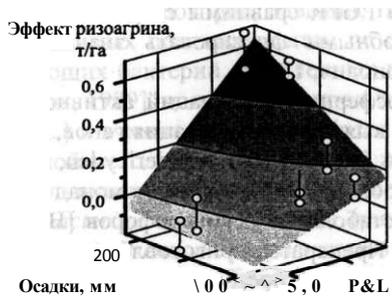
Опыт	f	Фон	Без ризоагрина	С ризоагрином	Действие ризоагрина			Взаимодействие ризоагрина с азотным удобрением		
					Эффект	HCP _o	HCP _o	HCP _o i	Эффект	HCP _o
4	I	P60K90	1,30	1,46	0,16					
		N30P60K90	1,98	2,28	0,31	0,20	0,35	0,52	0,08	0,14
	§	P60K90	1,62	2,11	0,50	0,41	0,78	1,26	0,04	0,29
		N30P60K90	2,10	2,68	0,58					
	a	P60K90	0,71	0,77	0,06					
		N30P60K90	0,81	0,82	0,01	0,20	0,35	0,52	-0,03	0,14
5	§	P60	1,94	1,92	-0,02					
		N30P60	3,73	3,54	-0,18	0,35	0,67	1,08	-0,08	0,25
	§	P60	1,95	1,86	-0,08					
		N30P60	2,22	2,31	0,09	0,21	0,39	0,63	0,09	0,15
6		P40K60	2,74	3,42	0,68					
		N30P40K60	3,10	3,59	0,49	0,30	0,56	0,91	-0,10	0,21
	o	P40K60	2,09	2,66	0,57	0,35	0,67	1,08	0,02	0,25
		N30P40K60	2,63	3,23	0,60					
	a	P40K60	0,92	1,66	0,74					
		N30P40K60	1,21	1,62	0,42	0,23	0,43	0,69	-0,16	0,16
7	1	P30K60	0,57	0,78	0,21					
		N30P30K60	1,00	1,11	0,11	0,07	0,12	0,16	-0,05	0,05

Таким образом, анализ результатов опытов позволяет заключить, что почве с pH менее 5,5 ризоагрин неэффективен. При реакции, близкой к нейтральной, его использование повышает урожайность яровой пшеницы на 0,1-0,4, ярового ячменя - на 0,0-0,7 т/га в зависимости от увлажнения в первую половину вегетации и других, пока неизвестных факторов. То, что рассмотренные факторы не полностью объясняют вариацию эффекта, подтверждается отсутствием связи с ними для пшеницы на фоне внесения фосфорно-калийного удобрений.



$$E = 0,0754 \cdot pH - 0,0060 \cdot P_{V-ri} + 0,0012 \cdot pH \cdot P_{V-ri} - 0,3767; R = 0,87.$$

Рисунок 2.2. Зависимость эффективности ризоагрина на урожайность зерна яровой пшеницы на фоне N30PK от кислотности почвы и количества осадков за май - июнь.



$$E = -0,0022 \cdot pH - 0,0124 \cdot P_{V-vi} + 0,0027 \cdot pH \cdot P_{V-vi} - 0,1285; R = 0,93.$$

Рисунок 2.3. Зависимость эффективности ризоагрина на урожайность зерна ярового ячменя от кислотности почвы и количества осадков за май - июнь.

2.5. Взаимодействие сортов яровой пшеницы и ячменя с ризосферными рост стимулирующими бактериями в зависимости от внесения азотного удобрения

Образование ассоциаций с ризосферными рост стимулирующими бактериями (PGPR: plant growth promoting rhizobacteria) - одна из основных стратегий адаптации растений к неблагоприятным условиям среды. PGPR - таксономически разнообразные бактерии, среди которых наиболее изучены представители родов *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*. Они выполняют комплекс полезных для хозяина функций, включая фиксацию N₂, биоконтроль фитопатогенов (синтез антибиотиков и сидерофоров, вытеснение патогенов с корневой поверхности, конкуренцию за источники питания, индукцию системной устойчивости), стимуляцию развития растений (синтез фитогормонов и витаминов), а также повышение интенсивности ассимиляции корнями питательных (азот и фосфор содержащих) веществ. Хотя количество азота, получаемое растениями за счет ассоциативной B₂-фиксации, в зонах умеренного климата обычно находятся в пределах 30-60 кг/га в сезон, прибавки продуктивности злаков при инокуляции PGPR сравнимы с прибавками от инокуляции бобовых ризобиями, способными фиксировать значительно большие количества N₂ [Кожемяков, Тихонович, 1995].

Контроль над формированием ризосферных ассоциаций активно изучают со стороны бактерий. У азоспирилл выяснена организация генов, кодирующих синтез нитрогеназы и ауксинов [Vandebroek, Vanderleyden, 1995, Vandommelen et al., 1997, Каменева, Муронец, 1999], у псевдомонад и бацилл - генов синтеза антифунгальных метаболитов и сидерофоров [Bloemberg, Lugtenberg, 2001, Lugtenberg, 2001]. Препараты, приготовленные на основе PGPR, активно применяются для повышения продуктивности ряда важнейших культур (в том числе зерновых злаков), однако работа по оптимизации ассоциативных взаимодействий пока проводится, главным образом, со стороны бактериальных партнеров [Кожемяков, Тихонович, 1995]. У ряда растений выявлена наследственная изменчивость отзывчивости на инокуляцию PGPR [Renny, 1981, Subba Rao, Dart, 1981, Dart, 1982], которая может быть связана с варьированием состава корневых экзометаболитов. Они являются источниками питательных веществ для бактерий, а также содержат регуляторы генов и предшественники синтеза физиологически активных соединений, что позволяет растениям активно регулировать состав и активность ризосферной микрофлоры [Кравченко, 2000]. Однако конкретные ме-

ханизмы взаимодействия растений с PGPR остаются недостаточно изученными, что затрудняет работу по повышению его эффективности.

На модели симбиоза бобовых растений с ризобиями показано, что важной предпосылкой работ по оптимизации микробно-растительного взаимодействия является его количественно-генетическое описание, и, в первую очередь, оценка генотипических вкладов партнеров в контроль продуктивности симбиотической системы [Provorov, Tikhonovich, 2003]. Эти вклады можно определить путем двухфакторного дисперсионного анализа данных, полученных при анализе симбиоза различных сортов растений и штаммов бактерий в конкретных агроэкологических условиях. Установлено, что у бобовых наиболее высокая эффективность симбиотрофного питания азотом достигается тогда, когда максимально полно проявляется специфическое (неаддитивное) сорто-штаммовое взаимодействие [Provorov, Tikhonovich, 2003].

Оценку влияния генотипов зерновых злаковых культур (ячменя и пшеницы) и ризобактерий на эффективность образуемых ассоциаций проводили при обобщении результатов опытов 1990-2000 гг., выполненных различными учреждениями географической сети опытов с азотфиксирующими микроорганизмами в различных почвенно-климатических зонах России и Украины [Кожемяков, Проворов, Завалин, Шотт, 2003]. Проанализированы данные 7 независимых полевых опытов по оценке эффективности действия азотфиксирующих бактерий, выделенных из различных почв и ризосферы растений [Васюк, 1989], на зерновую продуктивность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и ячменя (*Hordeum vulgare* L.), проведенных в соответствии со стандартной методикой [Оценка эффективности микробных препаратов..., 2000]. Использовали торфяные биопрепараты, приготовленные на основе штаммов *Agrobacterium radiobacter* 204 (ризоагрин), *Flavobacterium* sp. L-30 (флавобактерин), *Pseudomonas fluoresceins* 15 (экстрасол), *Klebsiella mobilis* 880 (мобилин) [Кожемяков, Тихонович, 1998].

Анализ данных показал, что эффективность взаимодействия растений с PGPR варьирует в независимых полевых опытах (табл. 2.69), причем прибавки массы зерна от инокуляции и от внесения азотного удобрения наиболее высоки на дерново-подзолистых и серых лесных почвах со сравнительно низким содержанием гумуса и общего азота. В каждом опыте эффективность этих обработок зависела от обоих партнеров-симбионтов и от азотного фона. Например, при взаимодействии 2-х сортов ячменя с 3-мя штаммами PGPR (табл. 2.70) достоверное повышение зерновой продуктивности получено во всех вариантах опыта, при этом прибавки варьировали от 6% до 50%. Нако-

пление азота в зерне возрастало в большей степени, чем масса зерна (в среднем на 5.5+1.4%), а относительная эффективность инокуляции при отсутствии азотных удобрений была выше, чем на фоне N30, на 8.9+1.9%. При внесении азота наиболее сильно снижалась эффективность инокуляции ячменя штаммом *Pseudomonas Fluorescens*, который обеспечивал наименьшие прибавки массы зерна на фоне без азота. Азотное удобрение, как правило, снижало лишь относительные прибавки от инокуляции (так как увеличивалась продуктивность контрольных растений), однако абсолютные прибавки в целом возрастали.

Таблица 2.69. Эффективность инокуляции ризобактериями и отзывчивость на внесение азотных удобрений у ячменя и пшеницы

Опыт	Изучено		Средняя (min-max) прибавка массы семян от инокуляции, %	Азотное удобрение		Эффективность ассоциации*	
	сорт растений	штаммов бактерий		а и х с в о ц	средняя (min-max) прибавка массы семян, %	Средняя	коэффициент вариации, % v
Ячмень							
1	2	3	15.8 (10.4-0.1)	30	2.2(1.7-2.7)	114	3.3
2	2	3	23.8 (14.1-2.2)	30	6.6 (4.9-8.3)	116	4.1
3	2	3	22.0 (7.8-38.5)	30	2.8(1.3-4.2)	119	9.7
4	3	3	30.3 (9.4-67.5)	30	54.5 (29.3-94.3)	85	10.4
5	2	3	29.4 (16.5-9.9)	30	43.3 (42.6-44.4)	90	5.7
Пшеница							
6	2	3	28.7(5.1-88.8)	30	22.7(3.7-41.6)	110	38.8
				60	97.9 (57.7-138.0)	66	17.9
7	10	1	2.5 (-14.7-9.9)	60	0.7 (-12.4-17.8)	103	17.5

*Вычисляли по формуле $E=M_i/M_a$, где M_i - продуктивность растений при инокуляции бактериями, M_a - то же при внесении азотного удобрения. Средние величины E и коэффициенты их вариации рассчитаны на комбинацию "сорт-штамм".

Значительно более выражена сортовая специфичность взаимодействия с PGPR у яровой пшеницы (табл. 2.71). Например, на фоне без внесения азотного удобрения инокуляция *Agrobacterium radiobacter* и *Klebsiella mobilis* была эффективной для сорта Приокская, но неэффективной для сорта Ир-

гина. Важно отметить различную реакцию ассоциаций "пшеница-PGPR" на внесение азота. На сорте Приокская штамм *K. mobilis* обеспечивал достоверное увеличение массы семян на фоне без азота, а при внесении N60 инокуляция этим штаммом снижала массу семян. Для *A. radiobacter* также наблюдали снижение прибавок массы зерна при повышении дозы азота, хотя отрицательного действия инокуляции на продуктивность растений не отмечено. На фоне N60 штамм *A. radiobacter* был эффективен только на сорте Иргина, семенная продуктивность которого снижалась при инокуляции *K. mobilis*.

Таблица 2.70. Действие инокуляции на образование ассоциаций с ризосферными рост стимулирующими бактериями (PGPR) на семенную продуктивность ячменя (опыт 5)

Вариант	сорт Зазерский 85		сорт Гонор		Прибавки, % (средние по 2-м сортам)	
	1	2	1	2	1	2
N0						
Без инокуляции	183	3.68	189	3.79	0	0
<i>P. Fluorescens</i>	231 (+26*)	4.89 (+33*)	220 (+16*)	4.74 (+25*)	+21*	+29*
<i>Flavobacterium sp.</i>	236(+27*)	5.02 (+36*)	252 (+33*)	5.45 (+44*)	+31*	+40*
<i>A. radiobacter</i>	243(+31*)	5.16 (+40*)	262 (+39*)	5.68 (+50*)	+36*	+45*
НСР _{0.05}	11.0	0.232	11.0	0.232	7.8	0.165
N30						
Без инокуляции	261	5.86	273	6.34	0	0
<i>P. Fluorescens</i>	305 (+17*)	7.06 (+20*)	290 (+6*)	6.79 (+7*)	+11*	+14*
<i>Flavobacterium sp.</i>	322(+23*)	7.47 (+28*)	354 (+30*)	8.22 (+30*)	+27*	+29*
<i>A. radiobacter</i>	346 (+33*)	8.09 (+38*)	365 (+34*)	8.50 (+34*)	+33*	+360*
НСР _{0.05}	12.1	0.282	12.1	0.282	8.6	0.201

Примечание: В графе 1 - масса зерна, г/м², 2 - общий азот в зерне, г/м²; в скобках- прибавки, %; прибавки статистически значимы (P₀<0.05).

У пшеницы, как и у ячменя, относительная эффективность инокуляции PGPR при внесении азотных удобрений была ниже, чем на безазотном фоне, а эффективность внесения азота без инокуляции PGPR - выше, чем при инокуляции (табл. 2.71, 2.72). Таким образом, действие инокуляции PGPR и вне-

сения азота на урожайность зерновых не являются аддитивными. У ячменя и пшеницы прибавки от инокуляции (на фоне N0) составляли в среднем 25.5±2.1% и 16.3±5.9%, а от внесения N30 без инокуляции 19.0±4.2% и 15.8±3.6% (различия недостоверны).

В то же время, между изученными злаковыми культурами выявлены существенные различия по реакции на совместное внесение азота и PGPR. У ячменя при сочетании инокуляции с внесением N30 продуктивность была достоверно (на 10-15%) выше, чем при отдельном использовании этих приемов. Кроме того, у ячменя обнаружены корреляции между прибавками от внесения N30 без инокуляции и при инокуляции ($r=+0.50$; $P_0<0.05$), а также между прибавками, полученными при отдельном внесении N30 и PGPR ($r=+0.80$; $P_0<0.01$).

Таблица 2.71. Действие инокуляции PGPR на массу зерна пшеницы (опыт 6), г/м²

Вариант	Сорт Иргина	Сорт Приокская	Отклонение от контроля, % (среднее по двум сортам)
N0			
Без инокуляции (контроль)	156	108	0
Инокуляция <i>A. radiobacter</i>	170 (+9)	154 (+42*)	+23*
<i>Flavobacterium sp.</i>	184 (+18)	118 (+9)	+14
<i>K. mobilis</i>	164 (+5)	204 (+89*)	+39*
НСР _{0.05}	43		30
N30			
Без инокуляции (контроль)	221	112	0
Инокуляция <i>A. radiobacter</i>	211 (-4)	136(+21)	+4
<i>Flavobacterium sp.</i>	234 (+5)	132 (+18)	+10
<i>K. mobilis</i>	253(+14)	142(+27)	+19*
НСР _{0.05}	44		31
N60			
Без инокуляции (контроль)	246	257	0
Инокуляция <i>A. radiobacter</i>	299 (+22*)	272 (+6)	+14*
<i>Flavobacterium sp.</i>	233 (-5.3)	200 (-22.*)	-14*
<i>K. mobilis</i>	222 (-10*)	185 (-28*)	-19*
НСР _{0.05}	20		14

Примечание: В скобках отклонение от контроля, %.

*Отклонения статистически значимы ($P_0<0.05$).

В то же время, у пшеницы сочетание инокуляции и внесения азота обычно не обеспечивало повышения массы семян по отношению к наиболее эффективной из этих приемов, а прибавки, полученные при отдельном внесении N30 и PGPR, не коррелировали между собой. На черноземе у ячменя использование азотных удобрений было неэффективным, тогда как инокуляция PGPR в значительной степени сохраняла свою эффективность. Поэтому коэффициенты симбиотической эффективности у ячменя на черноземе были выше, чем на серой лесной и дерново-среднеподзолистой почвах. У пшеницы на черноземе низкая эффективность была отмечена для обоих приемов. Двухфакторный дисперсионный анализ данных показал, что у ячменя аддитивные вклады генотипов бактерий являются основным фактором, определяющим семенную продуктивность, который значительно превосходит аддитивное действие сортов растений и неаддитивное сорто-штаммовое взаимодействие. Для пшеницы вклады сортов растений и сорто-штаммового взаимодействия было выше, а вклады бактериальных генотипов - ниже, чем для ячменя.

Аналогичные различия между ячменем и пшеницей выявлены также при сопоставлении действия на семенную продуктивность сортовых генотипов и азотного фона. Для ячменя основной вклад в контроль признака вносил азотный фон, а вклады сортовых генотипов и взаимодействия "сорт - азотный фон" были намного меньше. Для пшеницы, напротив, основными факторами варьирования семенной продуктивности оказались сортовые генотипы и их взаимодействие с азотным фоном.

Корреляционный анализ данных показал (табл. 2.73), что прибавки семенной продуктивности, получаемые при внесении N30, положительно связаны со вкладами, вносимыми в ее варьирование азотным фоном, но отрицательно связаны со вкладами, вносимыми PGPR. Прибавки, получаемые при инокуляции ризобактериями, отрицательно коррелировали с вкладами сортовых генотипов, но не коррелировали с вкладами азотного фона, что согласуется с отмеченной выше неадекватностью действия PGPR и азота.

Важным механизмом повышения урожайности злаковых культур при инокуляции PGPR является улучшение азотного питания [Renny, 1981, Кожемяков, 1989, Садыков, 1989, Умаров, 1986, Belimov, Kojemiakov, Chuvartieva, 1995]. Действительно, у ячменя при инокуляции PGPR накопление азота в семенах повышалось в большей степени, чем их масса. Относительно низкие прибавки массы семян ячменя и пшеницы от инокуляции, полученные на фоне азотных удобрений или при выращивании растений на богатых азотом черноземах, могут быть связаны с подавлением Δ -фиксирующей

Таблица 2.72. Эффективность инокуляции семян ячменя PGPR и внесения N30

Вариант		Прибавка, %		Родля сравнения прибавок по массе и накоплению N*
		масса зерна	Накопление азота	
Инокуляция	N0	25.5+4.2	31.1+3.8	<0.05 (t=3.35)
	N30	14.5+5.2	16.2+2.0	>0.05
	Среднее	20.1+2.4	24.2+2.6	<0.01 (t=5.28)
N30	Без инокуляции	29.8+9.9	39.9+11.1	<0.05 (t=3.87)
	Инокуляция	15.9+4.3	21.2+5.7	>0.05
	В среднем	19.3+4.6	25.5+6.3	<0.05 (t=2.75)

*Значения t-Стьюдента и P_0 рассчитывали по формуле, используемой для сравнения выборок с попарно связанными вариантами (n=9).

Таблица 2.73. Корреляционный анализ данных по отзывчивости злаковых куль-

Сопоставляемые факторы (число степеней свободы)		Сопоставляемые параметры, %		Коэффициенты корреляции
		Прибавки, полученные в результате	Вклады в общее варьирование массы семян	
Сорта растений и штаммы PGPR	17	Инокуляции PGPR	Штаммов PGPR	+0.31
			Сортов растений	-0.49*
Азотный фон и штаммы PGPR	18	Внесения N30	Азотного фона	+0.85**
			Штаммов PGPR	-0.71**
		Инокуляции PGPR	Азотного фона	-0.03
			Штаммов PGPR	+0.37
Сорта растений и азотный фон	14	Внесения N30	Азотного фона	+0.67**
			Штаммов PGPR	-0.26

Примечание: Корреляция достоверна: * $P_0 < 0.05$; ** $P_0 < 0.01$.

активности бактерий подвижными формами азота. В то же время, взаимное влияние азотных удобрений и инокуляции ассоциативными бактериями выявляется у злаков не всегда [Завалин, Чистотин, Кожемяков, 2001]. Полученные данные показывают, что при внесении азотных удобрений злаки могут переключаться с симбиотрофного питания азотом на усвоение удобрений, которое у ячменя может частично происходить с участием бактерий. По-видимому, понятие симбиотрофного азотного питания применительно к небобовым должно включать как азотфиксацию, так и стимуляцию поглощения азотных соединений корнями, относительный вклад которых в азотный баланс растений может быть изучен с помощью изотопных (^{15}N) методов [Boddey et al., 1983].

Дисперсионный анализ данных полевых опытов показал, что эффективность ризосферных ассоциаций зависит от аддитивных (неспецифиче-

ских) эффектов обоих партнеров, а также от неаддитивного (специфического) сорто-штаммового взаимодействия. Вклады сортовых генотипов в варьирование семенной продуктивности растений для обеих культур уступают вкладом штаммов PGPR. Дополнительное сравнение вкладов азотного фона и генотипов PGPR в определение массы семян ячменя (расчет проводили отдельно для каждого сорта) показало, что аддитивные действия этих факторов одинаково высоки (40% и 38% от общего варьирования), причем выявляется и их неаддитивное взаимодействие (8%).

В то же время, изученные культуры существенно различаются по характеру взаимодействия с ризобактериями, так как вклады в контроль семенной продуктивности генотипов сортов и их взаимодействия со штаммами PGPR у пшеницы гораздо выше, чем у ячменя. Коэффициенты вариации растительно-микробных ассоциаций по величине коэффициента симбиотической эффективности E (соотношение массы семян при инокуляции и при внесении азота [Gibson, 1969, Проворов, 1996] составляют у пшеницы 18-39%, а у ячменя 3-10%. Изменчивость прибавок, полученных при инокуляции PGPR, для пшеницы значительно выше, чем для ячменя (коэффициенты вариации 88% и 33%; $t=2.12$; $P_0<0.05$). Высокое межсортовое варьирование пшеницы по симбиотической активности может быть связано с чрезвычайным полиморфизмом этой культуры, при селекции которой широко использовалась гибридизация различающихся по плоидности видов *Triticum* [Жуковский, 1950]. Важно отметить, что у пшеницы, как и у бобовых, симбиотрофность наиболее ярко выражена у дикорастущих и малокультуренных форм, что может быть связано с оптимальным для развития PGPR составом корневых экссудатов [Кравченко, 2000, Кравченко, Азарова, Достанко, 1993].

Выявленные различия между ячменем и пшеницей, как и межсортовые различия пшеницы, аналогичны дифференциации бобовых растений на симбиотрофные и автотрофные (в отношении азотного питания) формы [Проворов, 1996]. Так сорт пшеницы Иргина более отзывчив на внесение N_{30} , чем на инокуляцию PGPR, тогда как сорт Приокская наиболее отзывчив на инокуляцию PGPR. В то же время, генетически более однородный ячмень, по-видимому, представлен миксотрофными формами, способными активно развиваться либо за счет инокуляции PGPR, либо за счет ассимиляции азотных удобрений, и дающими максимальную продуктивность при совместном использовании этих обработок.

Полученные данные показывают, что основным подходом для повышения эффективности ассоциативного симбиоза злаков с PGPR (как и бобово-ризобияльного эндосимбиоза), должна быть координированная селекция растений и бактерий, направленная на создание оптимальных сочетаний их генотипов [Генетика симбиотической азотфиксации с основа-

ми селекции, 1998]. Наиболее результативным этот подход может оказаться для пшеницы, у которой специфичность взаимодействия с бактериями выражена столь же ярко, как у бобовых. У ячменя сортоштаммовое взаимодействие проявляется в меньшей степени, хотя эффективность ассоциаций с PGPR не ниже, чем у пшеницы. По-видимому, для пшеницы необходимо проводить селекцию штаммов под конкретные сорта, тогда как для ячменя могут быть подобраны штаммы, эффективные на широких группах сортов.

Таким образом, анализ взаимодействия ячменя и пшеницы с ризобактериями (PGPR) на различном азотном фоне позволил выявить ряд закономерностей, важных для проведения селекции на повышение эффективности ассоциативного симбиоза: эффективность ассоциаций зависит от обоих партнеров, причем важную роль в ее определении играет сортоштаммовая специфичность; сортовые генотипы пшеницы более жестко контролируют взаимодействие с PGPR, чем сортовые генотипы ячменя; эффективность ассоциаций максимальна на обедненных азотом почвах и в отсутствие азотных удобрений; пшеница более изменчива по эффективности ассоциаций с PGPR, чем ячмень, однако у ячменя эта эффективность наиболее устойчива к внесению связанного азота.

Участие фактора взаимодействия «сорт-штамм» в контроле эффективности ассоциативного взаимодействия показывает важность координированной селекции растений и ризобактерий на ее повышение. Схемы этой селекции могут существенно варьировать, поскольку у яровой пшеницы в большей степени, чем у ячменя, выражена дифференциация сортов по активности ассоциаций с PGPR.

2.6. Картофель

Продуктивность картофеля в значительной степени¹ определяется условиями азотного питания [Завалин, 1995, Алметов, 1997]. В опыте на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве в Советском районе Республики Марий-Эл, имеющей перед закладкой агрохимические показатели: pH сол. 5.7-6.0, Нг (по Каппену) 1.66-1.68 мгэкв/100 г, S (по Каппену-Гильковицу) 16.0-20.8 мгэкв/100 г, гумус (по Тюрину) 1.54-1.97%, подвижные (по Кирсанову) P₂O₅- 180- 225 и K₂O 109-121 мг/кг, N-NO₄- 3.8- 3.0 и N-NN₃- 5.2- 3.1 мг/кг, изучали эффективность инокуляции биопрепаратами клубней картофеля сорта Невский [Завалин, Алметов, Мартыанов, 2000].

Выявлено, что урожайность клубней картофеля определяется условиями азотного питания растений (52%), хотя и довольно значительна роль погодного фактора (30%). Совместное действие на продуктивность

картофеля факторов погоды и азотного питания невелико и составляет всего 6.2%.

Несмотря на несколько различные погодные условия в годы проведения опыта, эффективность препаратов была равноценной, получено их высокое положительное действие (табл. 2.74). При среднегодовой продуктивности картофеля 154 ц/га на фосфорно-калийном фоне предпосадочная обработка семенных клубней экстразолом, серацией и флавобактерином обеспечивала получение дополнительно 23-26 ц/га клубней. При дополнительном внесении азотного удобрения в дозе N60 сбор клубней составил 190 ц/га, или прибавка к фону РК достигла в среднем за 2 года 36 ц/га. Учитывая значение НСР, равное 15,2 ц/га, можно констатировать, что действие биопрепаратов на урожайность клубней было равноценно внесению азота минеральных удобрений в дозе 60 кг/га.

Посадка картофеля инокулированными клубнями на фоне N60P45K60 способствовала получению во все годы проведения полевого опыта равноценной прибавки, составившей в среднем за два года 30 ц/га по всем препаратам. При этом размер урожая клубней при инокуляции препаратами на фоне N60 был таким же, как внесение под картофель азота в дозе 90 кг/га. Уровень прибавок урожайности клубней картофеля от препаратов на фоне дополнительного внесения азотного удобрения несколько превышал аналогичный показатель, полученный на фоне без азота, что свидетельствует о более высокой эффективности ризосферных диазотрофов под картофель при стартовой дозе азотного удобрения. Вероятно, связано это с тем, что на первых этапах вегетации потребность растений в азоте удовлетворяется за счет удобрений, а по мере усиления процесса фотосинтеза активизируется азотфиксация, в результате чего улучшается обеспеченность картофеля этим элементом питания [Завалин, 1997, Кожемяков, 1998].

Результаты, полученные в Республике Марий Эл на дерново-подзолистой почве, подтверждают данные других авторов [Воловик и др., 1996, Сидоренко и др., 1996, Постников и др., 1996], по эффективности ризосферных препаратов на картофеле.

Улучшение условий минерального питания растений и прежде всего азотного, способствует формированию ботвы, не являющейся хозяйственно ценной частью урожая. Поэтому соотношение основной (клубни) и побочной продукции (ботвы) служит показателем, отражающим условия азотного питания растений [Мосолов, 1979].

При улучшении снабжения растений азотом, как за счет внесения азотного удобрения, так и применения ризосферных диазотрофов, возрастало накопление сухого вещества ботвы. Однако размеры его в значительной степени определялись формой используемого растениями азота.

При внесении азота в форме минерального удобрения сбор ботвы возрастал. При этом имеет значение не только его абсолютное значение, а соотношение ботвы и клубней в общем сборе сухого вещества картофеля.

Таблица 2.74. Урожайность клубней картофеля и прибавки от использования биопрепаратов. Среднее по двум годам.

Вариант	Клубни, ц/га		Сухая масса ботвы, ц/га	Доля клубней, %
	Урожай	прибавка		
1.Р45К60- фон 1 (Ф1)	154		20,2	0,62
2.Ф1+экстрасол	177	23	22,4	0,63
3.Ф1+серация	180	26	22,0	0,64
4.Ф 1 +флавобактерин	179	25	23,0	0,65
5.Н60Р45К60- фон 2 (Ф2)	190		25,8	0,61
6.Ф2+экстрасол	220	30	25,8	0,63
7.Ф2+серация	220	30	30,0	0,63
8.Ф2+флавобактерин	220	30	28,4	0,64
9. Н90Р45К60	211		28,2	0,62
Р,%	3,2'			
НСР _{0,5}	12,5			

При использовании минерального удобрения отмечается устойчивая тенденция повышения доли в общебиологическом урожае ботвы и, наоборот, при использовании ризосферных diaзотрофов снижается доля ботвы и возрастает доля сухого вещества клубней. Несомненно, это является положительным фактом и связано, вероятно, с влиянием микроорганизмов на высшее растение, выражающееся в продуцировании физиологических веществ, способствующих более полному оттоку фотоассимилянтов из ботвы в клубни.

Продуктивность картофеля оценивается также по сбору сухого вещества и крахмала (табл. 2.75). При улучшении условий азотного питания, создаваемого как за счет применения азотного удобрения, так и инокуляции картофеля биопрепаратами сбор сухого вещества и крахмала существенно возрастал по сравнению с фоном РК. Эффективность всех препаратов равноценна и соответствует внесению под картофель азотного удобрения в дозе 60 кг/га. При посадке картофеля инокулированными клубнями на фоне допосевного внесения азотного удобрения в дозе 60 кг/га сбор сухого вещества и крахмала с урожаем составляет такую же величину, как при внесении N90.

Среди основных показателей качества клубней картофеля важнейшее значение имеет содержание крахмала и их элементный состав. Концентрация этих веществ в определенной степени связана с содержанием

сухого вещества в клубнях. Значение этого показателя определяется многими факторами, среди которых важнейшее значение принадлежит погодным условиям и в несколько меньшей степени удобрениям [Иванова, 1989]. Несмотря на некоторые различия в погодных условиях в отдельные годы проведения опыта, клубни содержали примерно одинаковое количество сухого вещества. При этом различия между вариантами были незначительны (табл.2.76). Вероятно, это связано с тем, что в результате использования невысоких доз азотных удобрений под картофель клубни прошли, практически, полную стадию созревания, поскольку известно, что вследствие усиления азотного питания удлиняется вегетационный период, и клубни не завершают стадию физиологического созревания. Кроме того, использование диазотрофных препаратов, возможно, способствуют усилению оттока углеводов в клубни.

Таблица 2.75. Сбор сухого вещества и крахмала с урожаем клубней, ц/га.

Показатель	Среднее за два года								
	№№ вариантов, см. табл. 2.74								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сухое вещество	33,0	38,2	40,2	42,4	40,4	44,0	49,4	49,0	46,8
Крахмал	19,3	23,1	24,2	25,4	25,6	31,3	30,3	31,8	29,0

Содержание крахмала в клубнях мало зависело от погодных условий, поскольку в период интенсивного его накопления (август и начало сентября) количество осадков и среднесуточная температура воздуха были близкими к среднегодовым значениям. Все это в определенной степени положительно отразилось на процессах синтеза крахмала и его оттоке в клубни.

При инокуляции семенного материала экстразолом, серацией и флавобактерином содержание крахмала в клубнях имело слабую тенденцию к возрастанию с 12.6 до 13.0-13.4%. Вероятно, это связано с положительным влиянием диазотрофов на транспорт углеводов из надземных органов картофеля в клубни, поскольку микроорганизмы способны за счет продуцирования физиологически активных веществ воздействовать на растения [Кожемяков, Хотянович,1997].

Внесение N60 на РК-фоне обеспечило накопление в клубнях такого же количества крахмала, как при инокуляции семенного материала биопрепаратами. При возрастании дозы азота с 60 до 90 кг/га крахмалистость клубней не изменялась, при этом они содержали такое же количество крахмала, как при внесении N60P45K60 или выращивании на этом фоне инокулированного картофеля.

Таблица 2.76. Показатели качества клубней картофеля, %.

Среднее за 2 года.

Вариант	Сухое вещество	Крахмал	N P ₂ O ₅ K ₂ O		
			в сухом веществе		
1. P45K60- фон 1 (Ф1)	21,5	12,6	1,44	0,55	1,64
2. Ф1+экстрасол	21,6	13,0	1,48	0,58	1,78
3. Ф1+серация	22,4	13,4	1,48	0,58	1,86
4. Ф1+флавобактерин	22,5	13,4	1,47	0,58	1,80
5. N60P45K60- фон 2 (Ф2)	21,2	13,4	1,52	0,57	1,65
6. Ф2+экстрасол	20,0	14,3	1,66	0,55	1,72
7. Ф2+серация	22,4	13,7	1,74	0,62	1,72
8. Ф2+флавобактерин	22,4	14,4	1,62	0,59	1,71
9. N90P45K60	22,2	13,7	1,62	0,57	1,62

Химический состав клубней картофеля при использовании для инокуляции ризосферных diaзотрофов существенно не менялся в зависимости от условий минерального питания растений. Хотя при улучшении снабжения растений азотом, в клубнях имелась тенденция к некоторому возрастанию концентрации этого элемента (табл. 2.76). Использование для инокуляции экстрасола, серации и флавобактерина не изменяло в клубнях концентрацию азота, которая составляла 1.47-1.48%, что равноценно внесению N60. При посадке инокулированными семенами на фоне N60P45K60 в клубнях возрастало содержание азота на 0.22-0.30%, что равноценно использованию азотного удобрения в дозе 90 кг/га.

Накопление фосфора в клубнях, практически, не зависело от условий года и уровня минерального питания и составляло по годам от 0.55 до 0.61%. Концентрация калия в клубнях как на фоне РК, так и на фоне полного минерального удобрения составляла 1.62-1.64%. Использование для инокуляции ризосферных diaзотрофов как на фоне РК, так и на фоне NPK обеспечивало тенденцию к возрастанию содержания калия в клубнях, что связано с положительной ролью микроорганизмов в улучшении поглощения корнями калия [Кожемяков, Хотянович, 1997, Воробейков 1998].

Таким образом, экстрасол, серация и флавобактерин на фоне без внесения азотного удобрения повышают сбор клубней равноценно внесению N60. на фоне N60 эффективность инокуляции картофеля этими биопрепаратами соответствует использованию 90 кг/га д.в. аммиачной селитры.

2.7. Кукуруза

Кукуруза, относящаяся к культурам C4 типа фотосинтеза, в отличие от других злаковых культур, в большей степени реагирует на инокуляцию

ассоциативными диазотрофами [Патыка и др., 1997]. Величина урожайности кукурузы определяется агротехнологией ее выращивания, среди элементов которой условиям минерального питания принадлежит одно из ведущих мест [Крамарев и др., 1999, Кумахов, Хамуков, 2000].

Для формирования высоких урожаев зерна кукурузы требуется достаточное количество питательных веществ. Удовлетворение потребности растений в азоте, перспективным приемом может быть осуществлено за счет использования под кукурузу препаратов ризосферных диазотрофов [Ладонин, 1996, Кожемяков, Тихонович, 1998, Завалин и др., 2002]. Исследования проводили на черноземе обыкновенном в Кабардино-Балкарской Республике [Завалин, Карашаева, Азубеков, 2004]. Перед закладкой опыта пахотный слой почвы имел агрохимическую характеристику: $pH_{КС} 17,5$, содержание гумуса (по Тюрину) 6,7-6,2%, среднее содержание P_{2O_5} (по Мачигину) 62-64 мг/кг и высокое K_2O (по Мачигину) - 590-620 мг/кг. В опыте использовали среднепоздний трехлинейный гибрид кукурузы Кавказ 412 СВ.

Условия минерального питания кукурузы и погодные условия вегетационного периода влияли на сбор зерна (табл. 2.77).

Таблица 2.77. Влияние биопрепаратов на продуктивность кукурузы.

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Кхоз-	Масса зерна с 1 растения, г	Зерен в початке, шт.
	1999	2000	2001	сред-			
	г.	г.	г.	няя			
					среднее		
1. P60-Фон1	5,0	4,0	6,3	5,1	41,3	257	943
2. Фон1+шт.2137	6,1	6,3	6,9	6,4	41,8	269	954
3. Фон1+шт.2184	6,0	6,6	6,8	6,5	42,2	267	937
4. Фон1+мобилин	6,1	6,4	7,0	6,5	41,9	270	944
5. N60P60 - Фон2	6,3	7,3	7,5	7,0	41,9	281	964
6. Фон2+шт.2137	7,4	7,4	7,7	7,5	41,6	281	955
7. Фон2+шт.2184	7,4	6,9	7,4	7,2	41,6	279	959
8. Фон2+мобилин	7,0	7,0	7,1	7,0	41,4	277	949
9. N120P60	7,0	5,9	6,8	6,6	41,0	271	934
P, %	3,3	4,9	1,7	1,9	2,3	1,69	1,50
НСР ₀₅	0,6	0,8	0,4	0,4	2,8	5	3

Так в первый год опыта (1999 г.) инокуляция семян кукурузы всеми изучаемыми биопрепаратами увеличила зерновую продуктивность по сравнению с исследуемыми фонами удобрения. На фоне без внесения азотного удобрения прибавка от биопрепаратов составила 1,0-1,1 т/га или

20-22%. На фоне N60P60 размер прибавки сохранился таким же от использования биопрепаратов на основе *Pseudomonas um. 2137 и 2184*, но был меньше от мобилина (0,7 т/га), при этом снижалась относительная прибавка урожайности зерна до 17% в первом случае и до 11% во втором. По действию на прибавку урожайности зерна кукурузы, независимо от фона применяемых удобрений, все изучаемые биопрепараты были эквивалентны внесению N60.

Во второй год опыта (2000 г.), при недостатке атмосферных осадков и повышенной температуре воздуха в период активного роста растений, внесение N60 обеспечило получение прибавки зерна 3,3 т/га, увеличение дозы с 60 до 120 кг/га в этих условиях было неэффективно. В условиях дефицита атмосферных осадков и повышенной температуре воздуха все изучаемые биопрепараты на фоне P60 увеличили урожайность зерна кукурузы на 2,3-2,6 т/га или на 58-65%. Инокуляция семян биопрепаратами на фоне N60P60 на сбор зерна не влияла.

В третий год опыта (2001 г.) применение азотного удобрения только в дозе N60 повысило сбор зерна кукурузы на 1,2 т/га или на 19%. На фоне P60 сохранилось положительное действие биопрепаратов на урожайность зерна, однако абсолютный и относительный размер прибавок был значительно меньше, чем в предыдущие годы.

В среднем за 3 года от внесения N60 прибавка урожайности зерна кукурузы достигла 1,9 т/га или 37%, повышение дозы до 120 кг/га не обеспечило дальнейшего роста урожая зерна. При этом окупаемость 1 кг N составила при дозе 60 кг/га - 31 кг зерна и 12,5 кг при дозе 120 кг/га.

От инокуляции изучаемыми биопрепаратами на фоне P60 среднегодовая продуктивность кукурузы возросла на 1,3-1,4 т/га или на 25-27%, это уступало внесению N60 и равнялась примерно внесению азотного удобрения в дозе 45 кг/га д.в. На фоне N60P60 дополнительная прибавка урожая получена только от препарата, изготовленного на основе *Pseudomonas um. 2137*.

Инокуляция семян кукурузы препаратами ризосферных diaзотрофов увеличила на 24-25% массу соломы по сравнению с фоном P60. На фоне N60P60 сбор побочной продукции увеличился только от использования препарата, изготовленного на основе *Pseudomonas um. 2137*. Внесение N60 повышало сбор побочной продукции на 36% по сравнению с P60.

Исследуемые биопрепараты лишь в отдельные годы обеспечили тенденцию возрастания в общебиологическом урожае доли зерна на фоне без внесения азотного удобрения, в среднем же за годы исследования он составил 41-42% (табл. 2.77).

Внесение азотного удобрения в дозе 60 кг/га повысило массу зерна с одного растения (табл. 2.77). Инокуляция семян на фоне без внесения

азотного удобрения также способствовало формированию большей массы зерна с одного растения. Биопрепараты на фоне без внесения азотного удобрения также способствовали формированию большей массы зерна с одного растения. Все это свидетельствует о ростостимулирующем действии микроорганизмов и улучшении минерального питания растений. На фоне с внесением азотного удобрения биопрепараты не влияли на массу зерна с одного растения. Инокуляция семян препаратом *Pseudomonas* шт. 2137 на фоне без азотного удобрения обеспечила формирование большего количества зерен в початке кукурузы.

При внесении N60 создавались лучшие условия для налива зерна, о чем свидетельствует увеличение (на 20 г) массы 1000 зерен кукурузы. Биопрепараты на фоне без внесения азотного удобрения повышали массу 1000 зерен кукурузы на 10-14 г (табл. 2.78).

В среднем за годы исследований в зерне кукурузы накапливалось 73,7-74,6% крахмала, минеральные удобрения и биопрепараты на этот показатель не влияли. Улучшение условий азотного питания растений за счет внесения N-удобрения не отразилось на содержании в зерне сырого белка, которое составляло 9,2-9,5%. Использование биопрепаратов как на фоне P60, так и на фоне N60P60 не изменяло в зерне содержание сырого белка, которое составляло 9,4-9,7% (табл. 2.78).

Не зависимо от фона минеральных удобрений и применения биопрепаратов содержание фосфора (P) в зерне кукурузы составляло 0,23-0,25%, калия (K) 0,34-0,35%.

Таблица 2.78. Показатели качества зерна кукурузы в зависимости от применения азотного удобрения и биопрепаратов. Средние за два года

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок	Крахмал
		%	
1. P60 - Фон1	272	9,5	73,7
2. Фон1+шт.2137	282	9,4	74,4
3. Фон1+шт.2184	285	9,5	74,3
4. Фон1+мобилии	286	9,4	74,1
5. N60P60 - Фон2	292	9,5	74,4
6. Фон2+шт.2137	295	9,5	74,1
7. Фон2+шт.2184	291	9,5	74,6
8. Фон2+мобилин	292	9,7	74,6
9. N120P60	290	9,2	74,3

В соломе кукурузы содержание азота слабо изменялось (от 0,76 до 0,98%) в результате внесения азотного удобрения и инокуляции семян биопрепаратами. Концентрация фосфора в соломе кукурузы под воздействием изучаемых факторов, практически, не изменялась и составляла 0,18-

0,21%. Содержание калия в соломе в результате инокуляция семян кукурузы биопрепаратами изменялось с 0,70 до 1,19%, что, вероятно, является причиной повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе к поражению грибковыми болезнями..

На черноземе обыкновенном (агрохимическая характеристика пахотного слоя до закладки опыта была: рН_{KCl} 6,14-6,15, содержание гумуса (по Тюрину) 2,64-2,65, N_{обит.} (по Кьельдалю) 0,222-0,234%, среднее содержание P₂O₅ (по Мачигину) 27 мг/кг и K₂O (по Мачигину) 240-245 мг/кг) оценивали действие флавобактерина на продуктивность двух гибридов Кавказ 412 СВ и КОСС-600. [Завалин, Азубеков, Шалов, 2002]. Вегетационные периоды 1997 и 1999 гг. по метеорологическим показателям, в основном, были благоприятными для роста и развития кукурузы. В 1998 г. из-за недостаточного количества осадков в основные фазы развития кукурузы сформировался минимальный урожай зерна.

При инокуляции семян кукурузы флавобактерином урожайность зерна обоих гибридов возрастала как на фоне без удобрений, так и при их внесении (табл. 2.79). Эффективность инокуляции значительно выше в годы при достаточном количестве осадков в период вегетации растений.

Таблица 2.79. Влияние удобрений и биопрепарата на продуктивность кукурузы, т/га

Вариант	Зерно				Со- лома, ср.
	1997 г.	1998 г.	1999 г.	сред.	
Кавказ 412 СВ					
1.Без удобрений	3,6	1,5	3,4	2,83	5,0
2.Флавобактерин	4,7	2,0	4,5	3,73	7,2
3.P113	6,3	2,7	6,1	5,03	9,1
4.P113+ флавобактерин	7,2	3,1	6,9	5,70	10,4
5.N152P113	8,2	3,6	7,9	6,57	12,9
6.N77P113+флавобактерин	9,1	3,9	8,7	7,23	13,1
КОСС 600 СВ					
1.Без удобрений	2,9	1,6	2,8	2,43	4,8
2.Флавобактерин	4,1	2,2	3,9	3,40	6,5
3.P113	5,8	2,5	5,5	4,60	8,2
4.P113+ флавобактерин	6,8	3,0	6,4	5,40	9,8
5.N152P113	7,5	3,3	7,1	5,97	10,9
6.N77P113 +флавобактерин	8,2	3,7	7,7	6,54	12,0
P, %	2,1	2,9	2,1	2,3	
НСР	0,38	0,22	0,35	0,32	

Посев инокулированными семенами на фоне фосфорного удобрения во все годы обеспечил увеличение урожайности зерна кукурузы обоих гибридов. Прибавки у гибрида Кавказ 412СВ, в зависимости от года, составляют от 5 до 8 ц/га, у гибрида КСЮС-600 СВ от 5 до 10 ц/га или относительное увеличение урожайности от инокуляции достигает соответственно 13-15 и 16-20%.

Инокуляция семян кукурузы флавобактерином на фоне внесения азотного удобрения в дозе 77 кг/га эквивалентна использованию под культуру азота в дозе 152 кг/га. В этом случае сбор зерна кукурузы гибрида Кавказ 412СВ составил в среднем за 3 года 72,3 ц/га, гибрида КСЮС-600 СВ 65,4 ц/га, а при внесении минеральных удобрений, соответственно, 65,7 и 59,4 ц/га.

Во все годы исследований Кавказ 412СВ несколько превосходил по урожайности зерна гибрид КСЮС-600 СВ.

При инокуляции семян кукурузы флавобактерином наблюдается возрастание линейной длины растений, происходит, это, вероятно, как за счет фиксации азота, так и стимулирующего действия микроорганизмов, входящих в состав флавобактерина.

Значение хозяйственного коэффициента мало зависело от гибрида кукурузы, выше доля зерна в год с неблагоприятными погодными условиями. При оптимальных погодных условиях вегетационного периода внесение под кукурузу азотного и фосфорного удобрений, а также инокуляция семян флавобактерином обеспечивает тенденцию возрастания хозяйственного коэффициента.

В среднем за годы исследований каждый кг действующего вещества фосфорного удобрения окупается 21,7 кг зерна гибрида Кавказ 412СВ и 20,6 кг зерна гибрида КСЮС-600 СВ. Флавобактерин повышает окупаемость Р-удобрения до 28,5 кг зерна обоих гибридов. При внесении азотного и фосфорного удобрений окупаемость кг питательных веществ прибавкой урожая зерна снижается до 13,4-14,3 кг зерна, а применение флавобактерина повышает окупаемость 1 кг NP до 24,0 кг зерна у гибрида Кавказ 412 СВ и 22,2 кг зерна у КСЮС-600 СВ.

Погодные условия и питание растений отразились на показателях качества зерна табл. 2.80). При недостатке атмосферных осадков масса 1000 зерен у обоих гибридов на треть меньше, чем в годы с достаточным увлажнением. За счет инокуляции семян флавобактерином, а также внесения минеральных удобрений имеет место тенденция возрастания массы 1000 зерен кукурузы по сравнению с контролем. Инокулянт не изменяет этот показатель при посеве на фоне с внесением минеральных удобрений.

Накопление белка в зерне изучаемых гибридов кукурузы так же зависело от погодных условий вегетационного периода и уровня минераль-

ного питания растений. Оба гибрида кукурузы, практически, не различаются по накоплению белка. Внесение фосфорного и азотного удобрений способствовало повышению белковости зерна кукурузы. При инокуляции семян флавобактерином в зерне гибрида Кавказ 412 СВ возросло накопление белка по сравнению с фоном без удобрений, на фоне Р-удобрения действие биопрепарата отсутствует. У гибрида КООС 600 СВ белковость зерна при инокуляции семян флавобактерином на фоне N77 такая же, как при внесении удвоенной дозы азота (табл.2.80).

Содержание крахмала в зерне кукурузы, практически, не изменяется от условий года, изучаемых гибридов, а также применения минеральных удобрений и инокуляции семян биопрепаратами и составляет 72-74% (табл.2.80).

Флавобактерин обеспечивает слабую тенденцию повышения содержания фосфора в зерне кукурузы. Это в большей степени характерно для гибрида КООС 600 СВ. При инокуляции препаратом прослеживается тенденция возрастания накопления в зерне калия, которое не снижается при увеличении сбора зерна. Вероятно, это является подтверждением роли флавобактерина в улучшении поглощения растениями из почвы фосфора и калия.

Таблица 2.80. Показатели качества зерна кукурузы в зависимости от применения удобрений и флавобактерина

Вариант	Сырой белок, %				Масса 1000 зерен, г	Крахмал, %
	1997 г.	1998 г.	1999 г.	сред.		
Кавказ 412 СВ						
1.Без удобрений	9,1	8,8	9,0	8,96	254	73,1
2.Флавобактерин	10,2	9,2	10,3	9,90	270	74,0
3.Р113	9,7	9,1	10,1	9,60	270	72,6
4.Р113+ флавобактерин	10,2	9,6	10,3	10,03	274	73,1
5.N152P113	11,5	9,4	11,5	10,80	292	72,6
6.N77P113 +флавобактерин	10,5	9,5	10,6	10,20	302	74,0
КООС 600 СВ						
1.Без удобрений	8,8	8,6	9,0	8,80	243	73,2
2.Флавобактерин	8,8	9,1	8,8	8,90	258	73,0
3.Р113	10,2	8,8	10,4	9,80	265	72,5
4.Р113+ флавобактерин	10,2	8,5	10,7	9,80	269	73,9
5.N152P113	10,9	8,9	10,9	10,20	277	72,9
6.N77P113+ флавобактерин	11,1	9,1	11,3	10,50	285	73,3

У гибрида КООС 600 СВ изучаемые приемы не изменяли концентрацию азота в соломе. Содержание фосфора в соломе обоих гибридов кукурузы не зависело от удобрений и биопрепарата (около 0.13-0.15% Р). Содержание калия в соломе изменялось в зависимости от погодных условий вегетационного периода и уровня минерального питания растений и составляло 1.13-1.20% К. Под влиянием флавобактерина имеется тенденция возрастания калия в соломе на фоне с внесением фосфорного удобрения у гибрида Кавказ 412СВ и фосфорного и азотно-фосфорного у гибрида КООС 600 СВ.

В полевом опыте на светло-серой лесной почве в Московской обл. с районированным гибридом кукурузы Нарт 150 изучали биопрепараты, изготовленные на основе: *Pseudomonas fluorescens* шт. 2137, *Pseudomonas corrudato* шт. 2184 и Mobilis [Хасан Гарба Контагара, 2002, Завалин, Хасан Гарба Контагара и др., 2002].

Продуктивность кукурузы на зеленую массу определялась условиями, в которых выращивалась культура (табл. 2.81). Так, в 1999 г. внесение азотного удобрения в обеих дозах обеспечило получение достоверной прибавки урожайности зеленой и сухой массы кукурузы по отношению к фону РК-удобрений. На фоне без азота от всех изучаемых препаратов также было достигнуто достоверное увеличение продуктивности. Максимальной эффективностью по сбору зеленой массы характеризовался мобилин, сбор сухой массы - штамм 2184 и мобилин. На фоне с внесением азотного удобрения не получено эффекта от штамма 2131, а от штамма 2184 и мобилина получена прибавка урожая. Сборы зеленой и сухой массы в 1999 г. при использовании микробных препаратов на фоне без азотного удобрения и при внесении только азотного удобрения получены равными.

В 2000 г. продуктивность кукурузы изменялась от 47 до 62,9 т/га зеленой массы и от 9 до 14,4 т/га сухой массы (табл. 2.81). Достоверный рост урожайности зеленой массы от инокуляции семян штаммом 2184 и мобилином получен на фоне без внесения азотного удобрения, при этом размеры прибавок от них были эквивалентны внесению 60 кг/га азота удобрения. На фоне с азотным удобрением изучаемые инокулянты не увеличивали продуктивность кукурузы. Все изучаемые биопрепараты на фоне азотного удобрения повысили сбор сухой массы кукурузы, величина которого соответствовала внесению N60.

В среднем за годы исследований сбор зеленой массы кукурузы в фазе молочно-восковой спелости початков изменялся по вариантам опыта с 40,6 до 53,2 т/га, сухой массы соответственно с 7,1 до 11,3 т/га. Внесение азотного удобрения в дозе N60 достоверно увеличивало сбор зеленой массы с 40,6 до 48,8 т/га, сухой массы с 7,1 до 10,1 т/га, дальнейшее увеличе-

ние дозы до N90 достоверного увеличения роста урожайности зеленой и сухой массы кукурузы не обеспечило. В среднем за два года за счет внесения азотного удобрения в дозе N60 дополнительно получено 10,1 т/га зеленой массы и 3,0 т/га сухой массы или увеличение к фону РК-удобрений составило соответственно 26% и 42%. Инокуляция семян кукурузы препаратами ризосферных diaзотрофов способствовала увеличению продуктивности кукурузы только на фоне РК. При внесении полного минерального удобрения (NPK) положительное влияние биопрепаратов на урожайность отсутствовало. За счет инокуляции биопрепаратами на основе штамма 2184 и мобилином сбор зеленой массы кукурузы достоверно возрос с 38,6 (фон РК) до 47,8 и 52 т/га, при этом оба препарата по эффективности были равнозначными. Прибавка составила от инокуляции штаммом 2184 - 9,2 т/га или 23%, от мобилина соответственно 13,4 т/га (35%). Сбор сухой массы кукурузы при использовании всех инокулянтов был равным и составил 10,0-10,6 т/га или прибавка к фону РК достигла 2,9-3,5 т/га (41-49%).

Таблица 2.81. Продуктивность силосной кукурузы при использовании биопрепаратов и удобрений, т/га

Вариант	Зеленая			Сухая		
	1999 г.	2000 г.	средняя	1999 г.	2000 г.	средняя
1. P45K60-фон 1	30,2	47,0	38,6	5,2	9,0	7,1
2. Фон 1 +Ps. Шт. 2137	39,5	51,1	45,3	6,9	13,1	10,0
3. Фон 1 +Pз. Шт. 2184	37,3	58,3	47,8	7,9	13,2	10,5
4. Фон 1 + мобилин	43,3	60,7	52,0	7,6	13,0	10,3
5. N60P45K60 - фон 2	39,3	58,2	48,7	7,2	13,0	10,1
6. Фон 2 + P8. Шт. 2137	37,7	58,5	48,1	6,4	14,4	10,4
7. Фон 2 + Ps. Шт. 2184	44,3	59,8	52,0	7,4	11,8	9,6
8. Фон 2 + мобилин	45,7	56,0	50,8	8,0	12,2	10,1
9. N90P45K60	43,4	62,9	53,1	9,2	13,5	11,3
P, %	4,2	5,7	3,55	4,4	7,4	5,04
НСР	4,9	8,8	5,0	0,9	2,7	1,45

Инокулянты положительно влияли на элементы структуры урожая кукурузы (табл. 2.87). В 1999 г. применение биопрепаратов обеспечило слабую тенденцию возрастания доли початков. В 2000 г. за счет инокуляции семян штаммом 2137 и мобилином на фоне без азота и на фоне с азотом мобилином, в структуре урожая возросла доля початков молочно-восковой спелости зерна, что свидетельствует об ускорении прохождения фаз онтогенеза кукурузы.

Таблица 2.82. Структура урожая зеленой массы кукурузы,
% на сухое вещество

Вариант	Листья + стебли			Початки		
	1999 г.	2000 г.	средн.	1999 г.	2000 г.	средн.
1. P45K60 - фон 1	68	65	67	32	35	33
2. Фон 1 + Ps. Шт. 2137	65	62	64	34	38	36
3. Фон 1 + Ps. Шт. 2184	72	59	66	28	41	34
4. Фон 1 + мобилин	66	65	66	34	35	34
5. N60P45K60 - фон 2	66	63	65	34	37	35
6. Фон 2 + Ps. Шт. 2137	66	61	63	34	39	37
7. Фон 2 + Ps. Шт. 2184	63	66	65	37	34	35
8. Фон 2 + мобилин	64	55	60	36	45	40
9. N90P45K60	65	62	63	35	38	37

Отмеченные в отдельные годы тенденции изменения соотношения вегетативной массы и початков сохранились и в среднем за два опыта. На фоне без азотного удобрения инокуляция семян всеми биопрепаратами обеспечила тенденцию возрастания в биомассе кукурузы доли початков с 33 до 34-36 %. Это в большей мере выражена для препарата на основе штамма 2137. На фоне с внесением азотного удобрения характерно только для препарата мобилин.

Содержание сырого белка в зеленой массе зависело от погодных условий вегетационного периода. В год с достаточным количеством осадков (2000 г.) при формировании более высокого урожая зеленой массы в результате ростового разбавления в растениях накопилось существенно меньше сырого белка (табл. 2.83). В 1999 г. при слабом дефиците осадков и повышенной температуре воздуха белковость зеленой массы кукурузы была больше. В оба года проведения опыта характер влияния минеральных удобрений и биопрепаратов был примерно одинаковым.

Без применения азотного удобрения инокуляция семян биопрепаратами снижала накопление в растениях кукурузы сырого белка. Произошло это за счет роста массы, а имеющиеся в почве запасы минерального азота не обеспечили накопления в урожае азота, необходимого для синтеза белка, что согласуется с ранее полученными данными для зерновых культур [Павлов, 1984]. Это свидетельствует о том, что микроорганизмы, активизируя нарастание массы, вероятно, не в полной мере способствовали снабжению растений доступными формами азота. Это предположение подтверждают данные содержания сырого белка в зеленой массе кукурузы при выращивании ее на фоне NPK, где при инокуляции семян исследуемыми биопрепаратами происходило увеличение содержания сырого белка

в растениях (2000 г.) или оставалось таким же, как на фоне с внесением под культуру N60.

Таблица 2.83. Влияние биопрепаратов на содержание в зеленой массе кукурузы

Вариант	Сырой белок, % на сухое вещество			N0 ₃ " мг/кг сырого вещества		
	1999 г.	2000 г.	среднее	1999 г.	2000 г.	среднее
1. P45K60- фон 1	10,6	5,38	8,00	113	95	104
2. $\leq 1 + Ps.iigr.2137$	9,38	4,38	6,88	85	72	79
3. $\langle X \rangle + PS.шт.2184$	9,63	4,62	7,12	92	91	92
4. Ф1+мобилин	9,31	4,19	6,75	62	64	63
5. B160P45K60-фон 2	11,12	3,81	7,46	80	92	86
6. 02+PS.шт.2137	11,88	5,50	8,69	133	88	110
7. 02+PS.шт.2184	10,12	6,62	8,37	50	102	76
8. Ф2+мобилин	11,88	5,88	8,88	76	76	76
9. N90P45K60	10,38	4,94	7,66	92	104	98

Среди показателей качества зеленой массы кукурузы концентрация нитратов является нормированной величиной, которая составляет 200 мг/кг. Во всех случаях их концентрация в 2 и более раза ниже ПДК. За счет инокуляции семян кукурузы биопрепаратами, изготовленными на основе штаммов 2137 и 2184 а также мизорин, обеспечили тенденцию снижения концентрации нитратов в зеленой массе кукурузы на фоне P45K60. На фоне N60P45K60 она сохранилась за исключением варианта со штаммом 2137, хотя и не в оба года проведения опыта.

Биохимический состав зеленой массы кукурузы не претерпевал существенных изменений в зависимости от использования минеральных удобрений и биопрепаратов (табл. 2.84). Содержание сырой клетчатки по вариантам опыта изменялось от 27 до 30 %, какого-либо значимого тренда, в зависимости от внесения NPK и инокуляции семян, не выявлено.

Содержание сырого жира при инокуляции семян биопрепаратами в 2000 г. имело слабую тенденцию к снижению, вероятно, также в результате получения большего урожая.

Отмечено слабое увеличение в этом году содержания сахара в зеленой массе кукурузы при инокуляции семян препаратом на основе штамма 2137.

Содержание каротина в зеленой массе 1999 г. изменилась от 3,1 до 5,2 мг/кг сухого вещества. Биопрепараты равноценно азотным удобрениям обеспечили слабую тенденцию снижения накопления каротина в зеленой массе кукурузы.

Таблица 2.84. Биохимический состав зеленой массы кукурузы в зависимости от использования минеральных удобрений и биопрепаратов, на сухое в-во

Вариант	Сырая клетчатка, %, среднее за 2 года	Сырой Жир, %, 2000 г.	Сахар, %, 2000 г	Каротин, мг/кг, 1999 г.
P45K60- фон 1	29,4	1,85	19,1	5,2
<D1+PS.IUT.2137	28,5	1,74	24,9	4,0
<P1+PS.UIT.2184	30,4	1,71	18,1	4,6
Ф1+мобилин	30,0	1,72	21,6	4,2
Ы60P45K60-фон2	28,2	1,65	21,7	4,2
<D2+PS.IUT.2137	29,4	1,81	18,4	4,8
02+PS.IUT.2 184	27,0	1,97	17,1	4,0
Ф2+мобилин	29,7	1,88	16,3	3,1
N90P45K60	27,6	1,76	18,8	3,1

Минеральный состав зеленой массы кукурузы зависел от условий питания растений и погодно-климатических условий вегетационных периодов (табл. 2.85). В 2000 г. при высоком урожае зеленой массы содержание сырой золы, а также отдельных ее составляющих (фосфора, калия, кальция) было меньше, чем в 1999 г., характеризующимся дефицитом осадков и повышенной температурой воздуха и как результат этого формированием меньшего урожая зеленой массы кукурузы.

В среднем за два года содержание сырой золы изменилось от 4,0 до 4,8 %. На фоне без внесения азотного удобрения инокуляция семян кукурузы препаратом ризосферных diaзотрофов либо не изменяла или несколько снижала содержание сырой золы в зеленой массе. На фоне с внесением полного минерального удобрения (N60P45K60) зольный состав зеленой массы под влиянием штамма 2137 и мизорина увеличивался, причем значение этого показателя существенно превышало внесение N90P45K60.

На фоне с внесением РК-удобрений инокуляция семян биопрепаратами не влияла на содержание P_2O_5 в растениях, а на фоне NPK за счет ассоциативных diaзотрофов на основе штамма 2137 и 2184 возрастало в растениях содержание этого элемента.

Концентрация калия в растениях при инокуляции семян кукурузы биопрепаратами, как правило, возрастала по сравнению с фонами РК и NPK, что может свидетельствовать об улучшении устойчивости растений к факторам внешней среды. Аналогичная закономерность получена при использовании флавобактерина на кукурузе [Азубеков, 2001].

Концентрация кальция, в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепаратов, не претерпевала существенных изменений по сравнению с фоновыми вариантами.

Таблица 2.85. Изменение минерального состава зеленой массы кукурузы под влиянием минеральных удобрений и ризосферных биопрепаратов, % на сухое вещество. Среднее за два года

Вариант	Сырая зола	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
1.P45K60- фон 1	4.8	0.22	1.71	0.44
2.01+PS.ИИТ.2137	4.4	0.22	1.86	0.36
3.<P1+PS.ИИТ.2184	4.6	0.23	1.72	0.43
4.Ф1+мобилин	4.8	0.22	1.86	0.36
5^60P45K60-фон2	4.4	0.26	1.56	0.44
6. <D2+PS.ИИТ.2137	5.3	0.24	2.10	0.40
7.02+PS.ИИТ.2184	4.5	0.22	2.10	0.44
8.Ф2+мобилин	4.8	0.22	1.86	0.35
9.N90P45K60	4.0	0.22	1.49	0.36

Таким образом, на черноземе обыкновенном эффективность инокуляции семян гибридов кукурузы соответствует внесению азотного удобрения в дозе 45 кг/га д.в. При этом существует различная реакция гибридов кукурузы на инокуляцию семян флавобактерином.

На светло-серой лесной почве инокуляция семян кукурузы равноценна внесению азотного удобрения в дозе N60. Мобилин и штаммы 2137 и 2184 не обеспечивают увеличения сбора зерна на черноземе обыкновенном и зеленой массы на светло-серой лесной почве при посеве инокулированных семян на фоне с внесением азотного удобрения в дозе 60 кг/га. Биопрепараты положительно действуют на показатели качества товарной продукции кукурузы.

Глава 3. Использование растениями элементов питания при инокуляции семян биопрепаратами комплексного действия

Вынос с урожаем элементов минерального питания зависит от его величины и концентрации NPK в основной и побочной продукции. Ранее было показано, что биопрепараты повышают урожайность основной и побочной продукции различных сельскохозяйственных культур, и в некоторых случаях положительно влияли на содержание в урожае основных элементов питания, что сказалось на размерах их выноса с урожаем.

В географической сети опытов по изучению отзывчивости **сортов ячменя** на инокуляцию существенное повышение выноса азота с урожаем от биопрепаратов к фону без азотного удобрения получено на черноземе выщелоченном, затем следует дерново-подзолистая легкосуглинистая почва и замыкает ряд дерново-подзолистая среднесуглинистая почва (табл.3.1).

На фоне допосевного внесения азотного удобрения увеличение выноса происходило только на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Сорт Гонар на этой почве от инокуляции биопрепаратами на фоне без азотного удобрения выносил значительно больше азота, чем сорт Зазерский-85, а на фоне с применением азотного удобрения сортовые различия отсутствовали.

Во всех случаях за счет внесения N-удобрения под ячмень вынос азота с урожаем увеличивался на 21-34 кг/га на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, на 13-19 кг/га на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве и на 4-6 кг/га на черноземе выщелоченном (табл. 3.2). Максимальное увеличение выноса азота с урожаем ячменя от применения азотного удобрения получено на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, и снижалось по мере повышения плодородия почвы, поскольку это коррелирует с характером влияния азотного удобрения на величину урожайности зерна. На легкосуглинистой почве сорт Гонар больше выносил азота с урожаем, а на среднесуглинистой - сорт Зазерский-85. Влияние биопрепаратов на вынос азота с урожаем зерна и соломы также зависело от типа почвы, сорта ячменя и фона минеральных удобрений. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Республики Марий Эл значительных различий в увеличении выноса азота при инокуляции семян штаммом 1217 и флавобактерином в зависимости от фона удобрений и от сортовых особенностей ячменя не установлено. На черноземе выщелоченном вынос азота с урожаем зерна и соломы ячменя определялся фоном азотного удобрения.

Таблица 3.1. Вынос азота с урожаем ячменя в зависимости от сорта и типа почвы, кг/га

Почва, регион	Вариант	Вынос азота, кг/га					
		зерно	солома	всего	зерно	солома	всего
		Сорт					
		Зазерский-85			Гонар		
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Ивановская область	Р30К60 - фон 1	29,0	19,9	48,9	30,5	18,4	48,9
	Ф1+ризоагрин	41,0	20,8	61,8	48,6	27,0	75,6
	Ф1+флавобактерин	37,0	16,8	53,8	41,6	24,1	65,7
	Н30Р30К60- фон 2	45,6	24,7	70,3	51,9	30,6	82,5
	Ф2+ризоагрин	64,7	34,5	99,2	69,9	42,6	112,5
	Ф2+флавобактерин	60,5	32,0	92,5	64,5	39,7	104,2
		Зазерский-85			Дина		
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Республика Марий Эл	Р30К60- фон 1	26,2	6,5	32,7	30,0	6,4	36,4
	Ф1+шт.1217	29,2	7,6	36,8	33,7	7,1	40,8
	Ф1+флавобактерин	31,6	7,0	38,6	37,2	8,3	45,5
	Н30Р30К60 - фон 2	40,1	11,2	51,3	40,0	9,1	49,1
	Ф2+шт.1217	44,5	9,9	54,4	44,1	10,9	55,0
	Ф2+флавобактерин	48,7	10,1	58,8	46,3	12,7	59,0
		Зазерский-85			Биос-1		
Чернозем выщелоченный, Республика Мордовия	Р30К60- фон 1	41,8	13,8	55,6	42,2	14,2	56,4
	Ф1+ризоагрин	53,9	21,5	75,4	52,4	24,0	76,4
	Ф1+флавобактерин	57,0	22,1	79,1	55,6	22,3	77,9
	Н30Р30К60- фон 2	44,7	16,6	61,3	45,6	15,3	60,9
	Ф2+ризоагрин	61,8	24,0	85,8	45,6	21,5	67,1
	Ф2+флавобактерин	61,6	23,2	84,4	59,3	23,4	82,7

Таблица 3.2. Влияние условий минерального питания на дополнительный вынос азота с урожаем ячменя, кг/га

Вариант	Ивановская Область		Республика Марий Эл		Республика Мордовия	
	Зазерский-85	Гонар	Зазерский-85	Дина	Зазерский-85	Биос-1
1. Ф1+ризоагрин*	12,9	26,7	4,1	4,4	19,8	20,0
2. Ф1+флавобактерин	4,9	16,8	5,9	9,1	23,5	21,5
3. Н30Р30К60- фон 2	21,4	33,6	18,6	12,7	5,7	4,5
4. Ф2+ризоагрин*	28,9	30,0	3,1	5,9	10,4	.
5. Ф2+флавобактерин	22,2	21,7	7,5	9,9	5,3	4,8

*Примечание: в опыте Республики Марий Эл - штамм 1217

Без внесения N-удобрения отмечено значительное (около 20 кг/га) возрастание выноса азота от биопрепаратов, а на фоне с допосевным применением N₃₀ это увеличение было в 2-4 раза меньше (табл. 3.2).

Эффективность использования растениями азота характеризует показатель азотного индекса [Климашевский, 1991] обозначающий долю азота, локализованного в зерне от общего выноса его урожаем (табл. 3.3).

Таблица 3.3. Изменение азотного индекса сортами ячменя при использовании удобрений и биопрепаратов

Вариант	Ивановская область		Республика Марий Эл		Республика Мордовия	
	Зазерский-85	Гонар	Зазерский-85	Дина	Зазерский-85	Биос 1
1.Р30К60 - фон 1	0,65	0,62	0,80	0,82	0,75	0,75
2.Ф1+ризоагрин*	0,66	0,64	0,79	0,82	0,71	0,68
3.Ф1+флавобактерин	0,69	0,63	0,82	0,82	0,72	0,71
4.N30P30K60- фон 2	0,65	0,63	0,78	0,81	0,73	0,75
5.Ф2+ризоагрин *	0,65	0,62	0,82	0,80	0,72	0,80
6.Ф2+флавобактерин	0,65	0,62	0,83	0,78	0,73	0,72

•Примечание: в опыте Республики Марий Эл - штамм 1217

В опытах на дерново-подзолистой почве отмечено возрастание азотного индекса при инокуляции флавобактерином семян сорта Зазерский-85, в других случаях воздействие биопрепаратов было неустойчивым. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве у сорта Дина имела тенденция к увеличению азотного индекса по сравнению с сортом Зазерский-85 (табл. 3.3).

Известно, что использование азота удобрения растениями на формирование урожая зависит от многих факторов, в том числе от почвенно-климатических условий, доз вносимых удобрений, сортовых особенностей культуры [Гамзикова, 1994]. Определение коэффициента использования (КИ) азотного удобрения показало, что размеры его зависели также от инокуляции семян ассоциативными диазотрофами.

Наиболее высокое значение КИ характерно для дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, на других почвах он меньше. Выявлены сортовые особенности использования растениями азота. По отношению к фону РК, инокулянты повышали коэффициент использования азота удобрений на всех типах почв, при этом на легкосуглинистой почве сорт Гонар отличался максимальным использованием азотного удобрения по сравнению со стандартным сортом Зазерский-85. Увеличение коэффициента использования азотного удобрения при инокуляции семян, вероят-

но, связано с одной стороны с использованием растениями биологического фиксированного азота, с другой, с повышением потребления ими азота почвы за счет стимулирующего действия микроорганизмов, входящих в состав препаратов.

При расчете доз минеральных удобрений на планируемый урожай используют показатель затрат азота на получение 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы. Затраты азота на получение 1 ц зерна зависели от почвенно-климатических условий, действие уровня удобренности и сорта ячменя было несколько меньше (табл. 3.4). Максимальные затраты азота на формирование 1 ц зерна получены на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, затем на черноземе выщелоченном и меньшие на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

На дерново-подзолистых почвах внесение азотного удобрения увеличивало затраты азота на получение 1 ц зерна, а на черноземе выщелоченном этого не наблюдалось. Инокуляция семян ячменя ризосферными биопрепаратами на фоне без азотного удобрения увеличила затраты азота у сорта Гонар на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и у обоих сортов на черноземе выщелоченном.

У сорта Зазерский-85 на легкосуглинистой и у обоих сортов на среднесуглинистой почве биопрепараты не изменяли затраты азота на получение 1 ц зерна на фоне без использования стартовой дозы азотного удобрения. На фоне с внесением азотного удобрения инокулянты увеличивали затраты азота на 1 ц зерна у обоих сортов в Ивановской обл., несколько меньше это увеличение происходило на черноземе выщелоченном в Мордовии у сорта Зазерский-85 и отсутствовало у сорта Биос-1, а также у обоих сортов в Республике Марий Эл.

Таблица 3.4. Затраты азота на формирование 1 ц зерна с соответствующим количеством побочной продукции, кг

Вариант	Тип почвы					
	дерново-подзолистая почва				чернозем выщелоченный	
	легкосуглинистая		среднесуглинистая			
	Сорт					
Зазерский-85	Гонар	Зазерский-85	Дина	Зазерский-85	Биос-1	
1.Р30К60 - фон 1	3,56	3,44	2,28	2,22	2,82	2,76
2.Ф1+ризоагрин*	3,43	3,85	2,36	2,24	3,04	3,21
3.Ф1+флавобактерин	3,26	3,78	2,37	2,32	3,15	3,20
4.Н30Р30К60- фон 2	3,60	3,95	2,55	2,52	3,09	2,90
5.Ф2+ризоагрин*	3,77	4,33	2,54	2,58	3,25	2,60
6.Ф2+флавобактерин	4,00	4,22	2,45	2,59	3,23	3,11

*Примечание: в опыте на среднесуглинистой почве - штамм 1217

При изучении продуктивности ячменя в **различных почвенно-климатических условиях** показано, что инокуляция семян препаратами ризосферных diaзотрофов во всех опытах повышала хозяйственный вынос азота по сравнению с РК-фоном в результате увеличения урожайности основной и побочной продукции и содержания в ней этого элемента (табл. 3.5).

Таблица 3.5. Вынос азота урожаем (зерно+солома) ячменя в зависимости от инокуляции на различных типах почв, кг/га

Почва, регион	Вариант						
	РК	РК + РА	РК + ФБ	Н1РК	Н1РК + РА	Н1РК + ФБ	Н2РК
Дерново-подзолистая песчаная, Брянская обл.	20.8	25.6	23.8	31.4	38.0	37.1	33.0
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Смоленская обл.	56.7	84.9	76.0	73.8	98.2	91.6	89.4
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Республика Марий Эл	25.6	-	33.6	36.1	-	46.0	56.7
Дерново-подзолистая средне-суглинистая, Ивановская обл.	40.4	59.8	57.0	73.8	101.9	99.3	91.6
Дерново-подзолистая тяжело-суглинистая, Московская обл.	24.5	28.7	32.8	34.4	38.7	40.9	47.1
Темно-серая лесная тяжело-суглинистая, Рязанская обл.	47.2	57.5	59.5	59.1	64.9	-	67.3
Выщелоченный чернозем тяжело-суглинистый, Республика Мордовия	55.6	75.4	79.1	61.3	85.8	84.8	79.7

Таблица 3.6. Изменение выноса азота с урожаем зерна и соломы ячменя при использовании бактериальных препаратов, % к фону

Почва, регион	Ризоагри (РА)		Флавобактерин (ФБ)	
	на фоне РК	на фоне НРК	на фоне РК	на фоне НРК
Дерново-подзолистая песчаная, Брянская обл.	22	21	14	18
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Смоленская обл.	50	33	34	24
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Республика Марий Эл	-	-	31	27
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Ивановская обл.	48	38	41	34
Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, Московская обл.	17	13	34	19
Темно-серая лесная тяжелосуглинистая, Рязанская обл.	22	10	26	-
Выщелоченный чернозем тяжелосуглинистый, Республика Мордовия	36	40	42	38

Ризоагрин повышал вынос азота с урожаем более значимо при инокуляции семян на фоне внесения азотного удобрения в Ивановской и Смоленской областях, с 73,8 до 98,2 кг/га и с 73,8 до 101,9 кг/га. Под действием биопрепаратов во всех опытах возрастал вынос азота с урожаем ячменя, который по ризоагрину изменялся от 4.2 до 28.2 кг/га (10-50% к фону), по флавобактерину - от 3.0 до 25.5кг/га (14-42%) (табл. 3.6).

При обобщении данных полевых опытов ризоагрин действовал на величину азотного индекса неоднозначно (табл.3.7). В отдельных опытах он либо повышал, либо снижал его. Установлено, что эффект флавобактерина также варьировало по отдельным опытам.

Таблица 3.7. Изменение азотного индекса от биопрепаратов и минеральных удобрений

Почва, регион	Вариант						
	РК	РК + РА	РК + ФБ	Н1РК	Н1РК + РА	Н1РК + ФБ	Н2РК
Дерново-подзолистая песчаная, Брянская обл.	0.68	0.67	0.66	0.68	0.66	0.68	0.66
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Смоленская обл.	0.67	0.68	0.68	0.66	0.69	0.67	0.65
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, Республика Марий Эл	0.82	.	0.82	0.80	.	0.79	0.79
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Ивановская обл.	0.64	0.62	0.62	0.62	0.61	0.60	0.60
Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, Московская обл.	0.75	0.80	0.75	0.74	0.78	0.74	0.76
Темно-серая лесная тяжелосуглинистая, Рязанская обл.	0.67	0.67	0.66	0.68	0.66	.	0.67
Выщелоченный чернозем тяжелосуглинистый, Республика Мордовия	0.75	0.71	0.72	0.73	0.72	0.73	0.71

В Брянской и Рязанской областях показатели азотного индекса практически не изменялись от биопрепаратов и минеральных удобрений и составили 0.66-0.68. Размер азотного индекса в большей мере определялся почвенно-климатическими условиями проведения опыта, что в целом соответствует общим закономерностям его изменений [Климашевский, 1991].

Вынос элементов питания с урожаем зерна и соломы **яровой пшеницы** на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в результате улучшения условий минерального питания за счет внесения минеральных удобрений и инокуляции семян биопрепаратами возрастал во все годы исследований. При этом в засушливые годы он был минимальным. При внесении N30 на фоне P60K60 в среднем за 4 года вынос зерном азота увеличился на 6,5 кг/га, фосфора на 2,1 кг/га, калия на 0,8 кг/га и соломой соответственно на 1,2, 0,5, и 0,7 кг/га. Характер влияния биопрепаратов на вынос фосфора и калия с урожаем основной и побочной продукции на всех фонах питания был близким. В результате использования биопрепаратов он возрос по фосфору на 2,3 -4,0 кг/га и на 2,2-3,1 кг/га по калию. Вынос азота на фоне без внесения удобрений от биопрепаратов увеличился на 7,0-8,5 кг/га, на фоне P60K60 на 7,5-8,5 кг/га, на фоне N30P60K60 на 8,4-9,3 кг/га (табл.3.8). На фоне без минеральных удобрений (контроль) максимальное использование условно биологического азота происходило при инокуляции семенного материала флавобактерином, на фонах P60K60 и N30P60K60 смесью ризоагрина и флавобактерина в соотношении 1:1. Минимальное использование растениями условно биологического азота на всех фонах удобренности получено по ризоагрина. Увеличение накопления растениями условно биологического азота в результате применения препаратов происходило, вероятно, как за счет фиксации микроорганизмами азота, так и за счет увеличения поглощения его растениями вследствие усиления развития корневой системы, и продуцирования микроорганизмами физиологически активных веществ различных групп [Волкогон, 1997, Кравченко, 2000].

При внесении под яровую пшеницу азотного удобрения коэффициент его использования растениями составил 26%. При применении биопрепаратов коэффициент использования растениями азота удобрения (при расчетах к фону РК) возрос в 2 раза и составил 54-57%, выше он был и при расчетах по отношению к фону РК+биопрепарат. Повышение коэффициента использования растениями азота связано, вероятно, с дополнительным включением биологического азота и усиления использования его из почвы [Садыков, 1986, Волкогон, 1997].

При внесении N30 на фоне P60K60 и инокуляции семян препаратами ризосферных diaзотрофов прослеживается некоторое увеличение доли азота в зерне от общего его выноса с урожаем на фоне N30P60K60.

При использовании биопрепаратов на фонах без удобрений и P60K60 имеет место слабая тенденция увеличения затрат азота для получения 1 т зерна с соответствующим количеством соломы.

Таблица 3.8. Влияние препаратов ризосферных diaзотрофов на использование азота яровой пшеницей. Среднее за 4 года

Вариант	Вынос основной и побочной продукцией, кг/га			Кэф. исп-польз. Иуд., %	N дополнительный, кг/га
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1. Без удобрений	50,6	20,8	19,6		-
2. Ризоагрин	57,6	23,3	22,2		7,0
3. Флавобактерин	59,1	23,5	22,3		8,5
4. 1/2 ризоагрин+1/2 флавобактерин	57,8	23,4	22,3		7,2
5. P60K60	54,2	23,3	22,4		-
6. P60K60+ризоагрин	61,7	27,3	25,5		7,5
7. P60K60+ флавобактерин	62,3	26,6	24,6		8,1
8. P60K60+1/2 ризоагрин + 1/2 флавобактерин	63,0	27,0	24,8		8,8
9. N30P60K60	61,9	25,9	24,3	26"	-
10. N30P60K60+ ризоагрин	70,3	29,3	27,2	29*/54"	8,4
11. N30P60K60+флавобактерин	70,8	29,0	26,6	28/55"	8,9
12. N30P60K60+1/2 ризоагрин + 1/2 флавобактерин	71,2	29,1	27,2	21*151"	9,3

Примечание: " - к фону РК, * - к фону РК + биопрепарат.

Вынос азота с урожаем **озимой ржи** в среднем за четыре года увеличился с 47,9 до 74,8 кг/га, фосфора с 28 до 41,6 кг/га и калия с 45,4 до 68,3 кг/га (табл. 3.9). Изменение выноса связано, в основном, с возрастанием сбора зерна и побочной продукции и в меньшей степени с изменением концентрации NPK в урожае. Положительное влияние на вынос с урожаем озимой ржи NPK оказала инокуляция семян ризоагрином, флавобактерином и их смесью. На фоне РК- удобрений дополнительный вынос азота составил 6,7 - 8,6 кг/га или 13 - 17%. На фоне с внесением N30P30K60, соответственно, 9,8 - 10,2 кг/га или 17 - 18%. Возрастание выноса азота в результате инокуляции семян связано как с вовлечением в агроценоз биологического азота, фиксированного ассоциативными микроорганизмами, так и использованием почвенных запасов этого элемента, а также повышением использования растениями азота удобрения. Последнее предположение может быть подтверждено значением коэффициента использования азота из удобрения (табл. 3.9),

ния азота из удобрения (табл. 3.9), который в результате инокуляции семян существенно возрастал.

Таблица 3.9. Использование озимой рожью элементов питания в зависимости от применения биопрепаратов. Среднее за 4 года

Вариант	Вынос зерном и соломой, кг/га			Дополнительный вынос за счет инокуляции, кг/га			Коэффициент использования Иуд., %	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	к фону РК	к фону РК+био препарат
Без удобрений	47,9	28,0	45,4	-	-	-		
P45K60 - фон 1	51,9	31,3	50,7	-	-	-		
Ф1 + ризоагрин	58,6	35,0	56,1	6,7	3,7	5,4		
Ф1 + флавобактерин	59,6	35,6	56,7	7,7	4,3	6,0		
Ф1+ризоагр.+флавоб.	60,5	35,0	55,4	8,6	3,7	4,7		
N30P45K60 - фон 2	57,2	32,5	53,4	-	-	-	18	-
Ф2 + ризоагрин	67,0	37,8	61,3	9,8	5,3	7,9	50	28
Ф2 + флавобактерин	67,4	37,8	62,1	10,2	5,3	8,7	52	26
Ф2+ризоагр.+флавобК	67,2	36,8	61,3	10,0	4,3	7,9	51	22
30P45K60+N30 весной	74,8	41,6	68,3	-	-	-	38	-

Биопрепараты на обоих фонах удобренности способствовали увеличению выноса с урожаем фосфора и калия. Размеры увеличения выноса элементов при использовании изучаемых препаратов были идентичными.

Коэффициент использования азота удобрений к фосфорно-калийному фону составил 18%. Дополнение биологического фактора значительно изменило этот коэффициент - от действия ризоагрина, флавобактерина и их смеси он увеличился более 2,5 раза. Применение весенней подкормки озимой ржи азотным удобрением на фоне NPK уступало действию биологических препаратов на этот показатель, коэффициент использования азота удобрения в этом случае был выше лишь в 2 раза. Средний за 4 года коэффициент использования азота удобрений по отношению к фосфорно-калийному фону и применению биопрепаратов на варианте с ризоагрином составил 28%, на варианте с флавобактерином - 26%, на варианте смеси двух препаратов был ещё меньше - 22%.

При изучении биопрепаратов в полевом опыте на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве вынос азота с урожаем зерна и соломы **озимой пшеницей** изменялся от 33 до 107 кг/га (табл. 3.10). Максимальный вынос азота с урожаем получен в 2001 г. при формировании наибольшего урожая зерна и соломы, а минимальный в 1999 г.- при получении минимального сбора зерна и соломы.

Таблица 3.10. Вынос азота, фосфора и калия урожаем озимой пшеницы, кг/га. Среднее за 3 года.

Вариант	Зерно			Солома			Зерно+солома		
	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>
1.Без удобрений	39	19	13	11	7	23	50	26	36
2.Р45К60- фон 1	41	20	14	12	9	26	53	29	40
3. Ф1+ризоагрин	48	24	16	15	10	31	63	34	47
4.Ф1+флавобактерин	48	24	16	16	10	33	63	34	49
5.Ф1+ризоагрин+	49	24	16	15	10	33	63	34	49
6.Ю0Р45К60-фон 2	47	23	16	16	10	32	63	33	48
7.Ф2+ризоагрин	54	26	18	20	12	35	74	38	53
8.Ф2+флавобактерин	56	26	19	19	12	37	75	38	56
9.Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	57	27	19	20	11	38	77	38	57
10. N30P45K60+ N30 весной	63	28	20	26	13	40	89	41	60

В среднем за годы исследований вынос азота урожаем озимой пшеницы в зависимости от степени удобрения изменялся с 50 до 89 кг/га. Наиболее значимо было действие возрастающих доз азотного удобрения, связанным как с увеличением урожая, так и возрастанием в зерне и соломе концентрации азота. Вместе с тем, при использовании азотного удобрения снижался азотный индекс, характеризующий долю азота зерна в общем выносе. Связано это с тем, что при внесении азотного удобрения увеличивались величина урожая соломы и содержание в ней азота. При использовании биопрепаратов в отдельных случаях отмечена тенденция увеличения азотного индекса, что можно рассматривать как положительный факт, (табл. 3.11).

В результате возрастания продуктивности озимой пшеницы при использовании биопрепаратов в урожае дополнительно накапливалось 10-14 кг/га азота. Этот азот может быть использован растениями как за счет азотфиксации микроорганизмами из атмосферы, так и усиления поглощения его растениями из почвы в результате многофункционального воздействия микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов.

Коэффициент использования растениями азота из удобрения зависел от доз азотного удобрения и использования биопрепаратов (табл. 3.11). При внесении весенней азотной подкормки использование азота озимой пшеницей увеличивалось с 33 до 60% или в два раза.

При применении биопрепаратов коэффициент использования азота из удобрения составил от 70 до 80%, что можно констатировать как увеличе-

ние в два и более раза по сравнению с фоном без биопрепаратов. Наиболее значительно увеличение этого показателя получено при бинарной инокуляции ризоагрином и флавобактерином. Использование азота из удобрений на фоне с применением биопрепаратов составило от 37 до 47%, что также выше по сравнению с вариантом N30P45K60.

Вынос фосфора с урожаем озимой пшеницы, так же как и азота, определялся погодными условиями вегетационного периода и применением удобрений и биопрепаратов (табл. 3.10). Максимальный вынос фосфора урожаем озимой пшеницы был в 2001 г. (35-58 кг/га) при получении наибольшего урожая из всех годов опыта. Использование под озимую пшеницу азотного удобрения увеличило вынос фосфора с урожаем зерна и соломы. Использование для инокуляции препаратов ризосферных микроорганизмов увеличило отчуждение с урожаем фосфора на 1-2 кг/га как на фоне без внесения азотного удобрения, так и при его использовании.

По сравнению с фонами РК и NPK биопрепараты способствовали некоторому увеличению доли фосфора в зерне от общего его накопления в массе основной и побочной продукции (табл. 3.11).

Вынос калия с урожаем озимой пшеницы, как и других элементов минерального питания, зависел от величины урожая и применяемых средств интенсификации. Он увеличивался с 36 до 60 кг/га за счет удобрений и биопрепаратов (табл. 3.10). Внесение фосфорно-калийного удобрений повысило вынос калия с урожаем на 4 кг/га, за счет применения биопрепаратов на этом фоне вынос калия увеличился на 7-9 кг/га (табл. 3.11). При использовании азотного удобрения вынос калия достиг 49 и 60 кг/га. На фоне полного минерального удобрения инокуляция семян биопрепаратами повысила вынос калия с урожаем до 53-57 кг/га или на 5-9 кг/га. Без внесения азотных удобрений на фоне РК биопрепараты несколько снизили долю калия в зерне от общего накопления его в урожае, на фоне полного минерального удобрения это было выражено в меньшей степени.

Внесение азотного удобрения в возрастающих дозах увеличило нормативы затрат N для получения 1 ц зерна на 6 и 26%. Применение инокуляции на фоне РК-удобрений увеличило на 7% норматив затрат азота, что было равноценно внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га. На фоне с внесением азотного удобрения это увеличение составило 13%, что существенно меньше, чем от внесения азотного удобрения в дозе 60 кг/га.

Затраты фосфора при внесении РК-удобрений возрастали с 1,21 до 1,28 кг/ц, инокуляция семян биопрепаратами на этом фоне обеспечила слабую тенденцию повышения этого показателя. На фоне с внесением полного минерального удобрения не установлено влияния биопрепаратов на биологические нормативы затрат фосфора для получения 1 ц зерна.

Затраты калия для получения 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы возрастали при внесении под озимую пшеницу РК-удобрений с 1,67 до 1,80 кг/ц. Инокуляция семян флавобактерином и смесью ризоагрина и флавобактерина несколько увеличивала затраты калия как на фоне РК, так и на фоне NPK.

Таблица 3.11. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на эффективность использования озимой пшеницей элементом минерального питания. Среднее за три года

Вариант	Азотный индекс	Доля выноса зерном		Дополнительный вынос за счет инокуляции, кг/га			Коэффициент использования N уд., %	
		PiO ₅	K ₂ O	N	PiOs	K ₂ O	к фону РК —t	к фону РК+биопрепарат
1.Без удобрений	0,78	0,73	0,36	-	-	-	-	-
2.P45K60- фон 1	0,77	0,69	0,35	-	-	-	-	-
3. Ф1+ризоагрин	0,76	0,71	0,34	10	1	7	-	-
4.Ф1+флавобактерин	0,76	0,71	0,33	10	1	9	-	-
5.Ф1+ризоагрин+флавобактерин	0,78	0,71	0,33	10	1	9	-	-
6.N3 OP45K60-фон 2	0,75	0,70	0,33	-	-	-	33	-
7.Ф2+ризоагрин	0,73	0,68	0,34	11	2	5	70	37
8.Ф2+флавобактерин	0,75	0,68	0,34	12	2	8	73	40
9.Ф2+ризоагрин+флавобактерин	0,74	0,71	0,33	14	1	9	80	47
10. N3OP45K60+N30 весной	0,71	0,68	0,33	-	-	-	60	-

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленской области при выращивании озимой пшеницы вынос азота с урожаем зерна и соломы за счет инокуляции возрастал на фоне без внесения азотного удобрения на 13-21 кг/га, на фоне с его внесением на 10-20 кг/га (табл. 3.12). На обоих фонах удобрения наибольшее увеличения накопления азота в урожае озимой пшеницы происходило от биопрепарата ризоагрин. Действие бинарной инокуляции ризоагрином и флавобактерином уступало ризоагину, но превышало влияние одного флавобактерина, что, возможно, связано с особенностями воздействия на растения микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов. Действие их отразилось и на перераспределении азота между вегетативными и генеративными органами озимой пшеницы. Так, значение азотного индекса имело тенденцию к возрастанию при посеве инокулированными семенами на РК-фоне, на фоне

полного минерального удобрения положительно действовали ризоагрин и совместная инокуляция двумя биопрепаратами. При этом следует отметить, что в результате внесения азотного удобрения снижалась доля азота зерна от общего его накопления в урожае.

Биопрепараты существенно увеличили коэффициент использования растениями азота из удобрений, при этом лучше действовал ризоагрин (табл. 3.12).

Таблица 3.12. Использование азота озимой пшеницей на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленской обл. Среднее за 3 года

Вариант	Вынос урожая зерна и соломы, кг/га		Азотный индекс	Коэффициент использования из удобрения, %	
	всего	за счет инокуляции		К фону РК	К фону РК+биопрепарат
1. P60K90 - фон 1	55,6	-	0,65		
2. Ф 1 + ризоагрин	76,2	20,6	0,68		
3. Ф 1 + флавобактерин	68,5	12,9	0,67		
4. Ф 1+ ¹ / ₂ ризоагрин+ ¹ / ₂ флавобакт.	73,6	18,0	0,67		
5. N30P65K90 - фон 2	72,9	-	0,64	57	
6. Ф 2 + ризоагрин	91,9	19,3	0,68	121	52
7. Ф 2 + флавобактерин	82,4	9,8	0,64	89	46
8. Ф 2+ ¹ / ₄ ризоагрин+ ¹ / ₂ флавобакт.	84,1	11,5	0,68	95	35
9. N60P60K90	88,4	-	0,63	55	

В опыте на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве вынос азота с урожаем зерна и соломы **озимого тритикале** в среднем за годы исследований при внесении минеральных удобрений и использовании биопрепаратов изменялся от 58 до 90 кг/га (табл. 3.13). Наиболее значимое увеличение выноса этого элемента получено при внесении под культуру азотного удобрения, поскольку от азота возрастали урожай и содержание в нем азота.

За счет инокуляции семян биопрепаратами дополнительный вынос азота на фоне РК составил 12 кг/га или 19%, что практически равноценно внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га. На фоне с внесением полного минерального удобрения за счет биопрепаратов вынос азота с урожаем увеличился на 15-18 кг/га или в среднем на 23%, за счет внесения азотного удобрения в дозе 60 кг/га вынос этого элемента с урожаем основной и побочной продукции возрос на 17 кг/га или на 24%, то есть использование

биопрепаратов на фоне с внесением азотного удобрения эквивалентно применению N60.

Коэффициент использования азотного удобрения с возрастанием доз увеличился с 27 до 42%. Применение биопрепаратов повысило его до 77-87% по отношению к фону РК. На фоне РК+биопрепарат коэффициент использования азота был равен 37-47%.

Применение биопрепаратов слабо отразилось на значении азотного индекса, который изменялся от 0,76 до 0,72 (табл. 3.14). На фоне с внесением РК-удобрений инокулянты не изменяли долю азота зерна от общего выноса его урожаем, в то время как на NPK фоне отмечено его слабое снижение.

Вынос фосфора с урожаем озимого тритикале, за счет использования минеральных удобрений и биопрепаратов, в результате увеличения продуктивности возрос с 30 до 45 кг/га (табл. 3.13). Инокуляция семян озимого тритикале всеми исследуемыми биопрепаратами увеличила вынос фосфора на 7-8 кг/га на фоне РК и на 6-8 кг/га фоне полного минерального удобрения. Увеличение выноса фосфора, полученное за счет инокуляции семян биопрепаратами значительно выше аналогичного показателя по сравнению с озимой пшеницей, что, по-видимому, связано с биологическими особенностями озимого тритикале, способного под действием биопрепаратов существенно увеличивать вынос фосфора.

Таблица 3.13. Вынос элементов питания с урожаем озимого тритикале, кг/га. Среднее за 2 года

Вариант	Зерно			Солома			Зерно+солома		
	N	PIOS	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	PIO ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	44	18	18	15	12	30	58	30	48
2. P45K60- фон 1	48	20	19	16	12	36	64	32	55
3. Ф1+ризоагрин	57	24	22	19	15	40	76	39	61
4. Ф1+флавобактерин	56	24	22	20	16	40	76	39	62
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	56	24	22	20	16	40	76	40	62
6. Ю0P45K60-фон 2	56	23	23	18	14	41	72	37	64
7. Ф2+ризоагрин	65	26	25	22	16	53	88	43	78
8. Ф2+флавобактерин	65	27	26	22	16	52	87	44	78
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	67	28	26	23	18	54	90	45	79
10. N30P45K60+ N30 весной	64	26	26	25	17	54	89	44	80

Под действием минеральных удобрений и биопрепаратов вынос калия с урожаем озимого тритикале в среднем за годы исследований увеличился с 48 до 80 кг/га (табл. 3.13). За счет инокуляции семян это увеличение составило на РК-фоне 6-7 кг/га и 14-15 кг/га на фоне полного минерального удобрения (табл. 3.14). От использования азотного удобрения в дозе 30 кг/га дополнительный вынос калия с урожаем составил 9 кг/га и 16 кг/га.

За счет инокуляции семян озимого тритикале биопрепаратами возрастает вынос калия с урожаем эквивалентно внесению азотного удобрения в дозе 30 кг/га. При этом биопрепараты обеспечили слабую тенденцию снижения локализации калия в зерне от общего его накопления в урожае (табл. 3.14).

Таблица 3.14. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на эффективность использования озимого тритикале элементом минерального питания. Среднее за два года

Вариант	Азотный индекс	Доля выноса зерном от общего		Дополнительный вынос за счет инокуляции, кг/га			Коэффициент использования N уд., %	
		P ₁₀₅	K ₂₀	N	P ₂₀₅	K ₂₀	к фону РК	к фону РК+биопрепарат
1. Без удобрений	0,76	0,60	0,38	-	-	-	-	-
2. P45K60- фон 1	0,75	0,63	0,35	-	-	-	-	-
3. Ф1+ризоагрин	0,75	0,62	0,36	12	7	6	-	-
4. Ф1+флавобактерин	0,74	0,62	0,35	12	7	7	-	-
5. Ф1+ризоагрин+ флавобактерин	0,74	0,60	0,35	12	8	7	-	-
6. N30P45K60-фон 2	0,78	0,74	0,36	-	-	-	27	-
7. Ф2+ризоагрин	0,74	0,60	0,32	16	6	14	80	40
8. Ф2+флавобактерин	0,75	0,61	0,33	15	7	14	77	37
9. Ф2+ризоагрин+ флавобактерин	0,74	0,62	0,33	18	8	15	87	47
10. N30P45K60+N30 весной	0,72	0,70	0,33	-	-	-	42	-

Биологические затраты азота на получение 1 ц зерна озимого тритикале с соответствующим количеством соломы возрастали за счет внесения азотного удобрения с 2,94 кг до 3,01 и 3,37 кг. Это связано с увеличением концентрации этого элемента в основной и побочной продукции. На фоне РК инокуляции семян всеми изучаемыми биопрепаратами повысилась за-

траты азота на получение 1 ц зерна в среднем на 5%, а на фоне полного минерального удобрения - на 7%.

На фоне РК-удобрений биопрепараты обеспечили тенденцию увеличения биологических затрат фосфора (7%) для формирования 1 ц зерна, на фоне полного минерального удобрения это не установлено.

Биологические затраты калия на получение 1 ц зерна озимого тритикали в результате использования инокулянтов имели тенденцию к возрастанию (в среднем на 7%) на фоне полного минерального удобрения.

Растения используют как внесенный с удобрениями, так и содержащийся в почве азот. При этом фактические размеры выноса растениями почвенного азота могут быть выше, чем азота удобрений, в том числе и за счет так называемого "экстра" - азота, появление которого обусловлено внесением удобрений. Поэтому состояние азотного питания растений целесообразно характеризовать показателем, дающим суммарную оценку потребления как азота удобрения, так и "экстра" - азота почвы - коэффициентом поглощения азота (КПм), при этом сравнение проводится не с абсолютным контролем, а фоном РК [Соколов, Семенов, 1994; Семенов, 1999]. КПн характеризует эффективность потребления растениями запасов минерального азота, сформированного из удобрения и "экстра"-азота [Семенов, 1999].

В полевом опыте независимо от фона внесения азотного удобрения, максимальные значения КПк у пшеницы получены в монопосеве без инокуляции семян (66.9%), у гороха - в монопосева с инокуляцией ризоторфином (29.9%). Инокуляция семян монопосевов соответствующими биопрепаратами снижала коэффициент поглощения азота у злаковой культуры в 1.2, а у бобовой - повышала в 1.6 раза. В смешанных посевах КПм растениями получен ниже, чем в монопосеве пшеницы на 11.9...56.0% и на - 4.1...10.0% гороха. Исключение составлял смешанный посев без инокуляции, где K_{nN} пшеницей и горохом на 13% выше, чем в монопосеве гороха с обработкой семян биопрепаратом. Инокуляция семян компонентов смеси снижает КП растениями обеих культур на 17.1...32.0% (табл. 3.15).

Для оценки степени усвоения азота используют также показатель "физиологическая эффективность" (ФЭн), который представляет собой оплату потребленного растениями азота удобрений и "экстра"-азота почвы прибавкой урожая основной продукции [Семенов, 1999].

С повышением уровня азотного питания растений в результате внесения аммиачной селитры независимо от инокуляции и вида посева окупаемость потребленного азота возрастала (табл. 3.15).

Инокуляция семян монопосева яровой пшеницы снижала ФЭн в 1.5, а у гороха - повышала ее в 1.8 раза. В смешанных посевах ФЭн изучаемых культур выше, чем в их монопосевах. Инокуляция семян компонентов

смеси увеличивала ФЭ_ы по сравнению с вариантом смешанного посева без инокуляции на 0.3...29.2 кг. Следует отметить, что в смешанном посеве с инокуляцией семян яровой пшеницы на фоне N30 и с инокуляцией семян гороха на фоне N60 ФЭ_ы ниже, чем в смешанном посеве без инокуляции. Максимальное значение ФЭ_ы получено в смешанном посеве при инокуляции семян обоих компонентов соответствующими биопрепаратами (42.1кг).

Таблица 3.15. Эффективность использования растениями азота удобрения, %. Среднее за 3 года

Вариант	Коэффициент поглощения азота (КПц), %		Физиологическая эффективность азота, кг зерна / кг азота удобрения		Агрохимическая эффективность N, кг зерна / 1 кг азота удобрения	
	N30	N60	N30	N60	N30	N60
Пшеница	78.1	55.8	9.8	11.0	7.7	6.2
Пшеница + РА	69.6	40.0	3.8	9.6	2.7	3.8
Горох	17.2	19.2	5.7	7.4	1.0	1.4
Горох + РТ	41.9	18.0	7.7	16.2	3.2	2.9
Пшеница + Горох	38.8	47.0	14.9	10.8	3.1	3.5
(Пшеница + РА) + Горох	33.2	18.3	0.6	31.5	3.0	2.8
Пшеница + (Горох + РТ)	13.3	19.4	15.6	10.7	1.4	5.0
(Пшеница+РА) + (Горох+РТ)	5.0	16.9	36.6	47.5	3.2	3.0

Основным средством оптимизации минерального питания растений, получения оптимальных урожаев хорошего качества, а также сокращения биологических затрат элементов питания из удобрений и почвы является создание для растений оптимальных почвенных условий и регулирование уровня минерального питания. Чем лучше растениями используется азот из удобрения и активнее усваивают поглощенное количество, тем выше его агрохимическая эффективность или окупаемость внесенного азота удобрения прибавкой урожая основной продукции (A_{3N}) [Соколов, Семенов, 1994; Семенов, 1999].

Выявлено (табл. 3.16) что с возрастанием доз азотных удобрений независимо от инокуляции семян и вида посева происходило увеличение величины $A_{Эц}$. Инокуляция семян монопосева пшеницы ризоагрином снижала A_{3N} в 2.1 раза, а монопосева гороха ризоторфином увеличивала ее в 2.6 раза. В смешанных посевах A_{3N} ниже, чем в монопосеве пшеницы, но выше, чем в одновидовом посеве гороха. Инокуляция семян компонентов смеси приводила к снижению A_{3N} за исключением смешанного

посева с инокуляцией семян гороха фоне Neo, где отмечено увеличение A_{3N} в 1.4 раза по сравнению с вариантом смешанного посева без инокуляции.

При расчете эффективности использования азота О.И. Гамзиковой (1994) предложен показатель: "Синтезировано сухого вещества на единицу поглощенного азота" (синтез, с. в./г. N). С возрастом растений изучаемых культур независимо от инокуляции и вида посева размеры показателя "синтез, с. в./г. N" возрастали (табл. 3.16). Следует отметить, что у гороха и пшеницы наибольшая величина этого показателя отмечена по величине "синтез, с. в. соломы / г. N.". Инокуляция семян яровой пшеницы, независимо от уровня азотного питания, во все фазы вегетации снижала величину данного показателя. При ее выращивании в смешанных посевах по сравнению с монопосевами снижалась величина показателя "синтез, с. в./г. N" во все фазы вегетации и в полную спелость зерна.

Таблица 3.16. Показатель "Синтезировано сухого вещества на единицу поглощенного азота", г с.в./г азота, среднее за 1998...2000 гг.

№	Вариант	Фаза вегетации			Полная спелость	
		Пшеница				
		кущение	трубкование	цветение	зерно	солома
1.	П	26.9	37.2	57.1	36.4	180.1
2.	П + РА	25.6	35.7	56.6	35.7	138.7
5.	П + Г	24.4	33.8	51.1	32.5	137.7
6.	(П + РА) + Г	24.8	34.5	49.7	33.5	145.5
7.	П + (Г + РТ)	24.8	33.5	52.5	32.4	178.0
8.	(П+РА) + (Г + РТ)	24.2	34.2	48.7	32.5	153.2
Горох						
		ветвление	бутонизация	цветение	зерно	солома
3.	Г	25.5	28.2	36.4	26.9	92.9
4.	Г + РТ	25.4	29.5	38.9	27.6	106.2
5.	П + Г	26.2	29.9	37.7	26.6	75.7
6.	(П + РА) + Г	25.1	28.6	40.3	27.8	91.9
7.	П + (Г + РТ)	24.5	29.2	38.7	26.8	91.6
8.	(П + РА) + (Г + РТ)	25.3	30.8	40.8	27.3	92.4

В начале роста и ветвления побегов и бутонизации гороха в смешанных посевах отмечено увеличение показателя "синтез, с. в./г. N" по сравнению с монопосевами. Начиная с фазы цветения в монопосеве гороха с инокуляцией синтезируется больше сухого вещества на единицу погло-

щенного азота, чем в смешанных. При инокуляции семян компонентов смеси соответствующими биопрепаратами увеличение синтеза сухого вещества бобовой культурой по сравнению с другими вариантами смесей отмечается в фазу бутонизации и сохраняется до полной спелости зерна.

Максимальные значения азотного индекса (табл. 3.17) получены при монопосеве пшеницы (0.75) и гороха (0.60) с инокуляцией семян соответствующими азотфиксирующими препаратами и в смешанном посеве при инокуляции семян бобового компонента на фоне N60 (0.77 - пшеница, 0.68 - горох). С возрастанием доз азотных удобрений, независимо от инокуляции и вида посева, наблюдалось увеличение значения азотного индекса у злаковой и тенденция к его снижению - у бобовой культуры. Инокуляция семян монопосевов изучаемых культур на всех фонах азотного удобрения снижала азотный индекс у пшеницы и повышала его у гороха. При выращивании злаковой и бобовой культур в смешанном посеве с инокуляцией семян одного или обоих компонентов смеси величина азотного индекса больше по сравнению с инокулированным монопосевом пшеницы или гороха. В смешанном посеве без инокуляции семян на всех фонах азотного удобрения были минимальные значения азотного индекса как у злаковой (0.64), так и у бобовой культуры (0.56).

Таблица 3.17. Изменение азотного индекса в зависимости от условий питания

№	Вид посева	N0	N30	N60
Яровая пшеница				
1.	Пшеница	0.70	0.62	0.70
2.	Пшеница + РА	0.58	0.62	0.75
5.	Пшеница + горох	0.64	0.62	0.66
6.	(Пшеница + РА) + горох	0.64	0.64	0.72
7.	Пшеница + (горох + РТ)	0.62	0.76	0.77
8.	(Пшеница+РА) + (горох + РТ)	0.66	0.71	0.75
Горох				
3.	Горох	0.57	0.57	0.57
4.	Горох + РТ	0.63	0.61	0.60
5.	Пшеница + горох	0.56	0.57	0.56
6.	(Пшеница + РА) + горох	0.66	0.63	0.62
7.	Пшеница + (горох + РТ)	0.63	0.62	0.68
8.	(Пшеница+РА) + (горох + РТ)	0.67	0.66	0.63

Увеличение значения азотного индекса у инокулированного посева яровой пшеницы на фоне N30 и ее смешанных посевах с инокуляцией семян гороха или обоих компонентов смеси свидетельствует о том, что накопленный в растениях азот в большей степени локализуется в зерне.

У гороха при внесении азотного удобрения отмечается тенденция к локализации поглощенного азота в нетоварной части урожая.

Инокуляция семян монопосева пшеницы ризоагрином, независимо от уровня азотного питания, уменьшила вынос фосфора и калия зерном пшеницы (на 0.5 и 1.7 кг соответственно), а при инокуляции семян монопосева гороха ризоторфина отмечена тенденция к снижению выноса фосфора (0.2 кг/т) и увеличению выноса калия (на 1.3 кг/т). При выращивании пшеницы в смешанном посеве с горохом, независимо от инокуляции и уровня азотного питания, вынос фосфора и калия зерном пшеницы меньше, чем в ее монопосеве (на 0.5...3.5 и 0.6...3.9 кг/т соответственно). По сравнению со смешанным посевом без обработки семян биопрепаратами, инокуляция злакового или обоих компонентов смеси возрастал вынос калия, а инокуляция семян бобового компонента смеси ризоторфином - фосфора. У гороха в смешанном посеве независимо от уровня азотного питания и инокуляции вынос фосфора на 0.1... 1.5 кг/т меньше, а калия на 1.6...4.5 кг/т выше по сравнению с монопосевом. Исключение составлял вариант смешанного посева с инокуляцией злакового компонента смеси ризоагрином, где отмечен минимальный (39.8 кг/т) вынос калия зерном гороха. Следует отметить, что инокуляция семян компонентов смеси соответствующими препаратами снижала вынос фосфора и калия по сравнению с вариантом смешанного посева без инокуляции. Независимо от уровня азотного питания, инокуляции и вида посева вынос этих элементов питания злаковой культурой ниже, чем бобовой.

При внесении азотного удобрения отмечена тенденция увеличения выноса фосфора и калия на одну тонну зерна с соответствующим количеством побочной продукции у бобовой культуры, а у злаковой существенных различий при этом не отмечено.

При изучении эффективности биопрепаратов и минеральных удобрений под **кукурузу, выращиваемую на зерно и зеленую массу**, установлено повышение выноса с урожаем азота. Так в опыте на обыкновенном черноземе в Кабардино-Балкарской Республике в результате увеличения сбора зерна и соломы вынос азота урожаем в среднем за 3 года изменялся с 132 кг/га до 210 кг/га (табл. 3.18). При внесении возрастающих доз N-удобрения от 0 до 120 кг/га вынос азота с урожаем увеличился не адекватно им.

Инокуляция семян кукурузы биопрепаратами на фоне Р60 во все годы проведения опыта увеличила вынос азота с урожаем на 39-50 кг/га. Он был больше по мобилину, действие штаммов *Pseudomonas* было равноценно. При использовании биопрепаратов на фоне с внесением N60P60 действие их проявилось только в отдельные годы. Дополнительный вынос

азота с урожаем от применения инокулянтов в среднем за 3 года составил от 3 до 10.

Увеличение выноса азота с урожаем кукурузы в результате применения биопрепаратов свидетельствует о том, что инокуляция семян обеспечивает использование кукурузой как биологического, так и азота почвы и удобрений.

Таблица 3.18. Вынос NPK урожаем кукурузы на зерно и азотный индекс, Среднее за 3 года

Вариант	Вынос			За счет инокуляции			Азотный индекс, средний
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	
	кг/га						
1. P60 - Фон1	132	26	65	-	-	-	0,59
2. Фон1 + шт2137	171	33	103	39	7	37	0,57
3. Фон1 + шт2184	126	32	125	41	6	60	0,56
4. Фон1 + мобилин	183	34	112	50	8	47	0,54
5. N60P60 - Фон2	200	38	117	-	-	-	0,56
6. Фон2 + шт2137	208	39	132	8	1	15	0,55
7. Фон2 + шт2184	210	39	134	10	1	17	0,52
8. Фон2 + мобилин	203	37	140	3	-	23	0,53
9. N120P60	180	35	137	-	-	-	0,54

Вынос фосфора (P) с урожаем зерна и соломы за счет инокуляции семян всеми исследуемыми биопрепаратами на фоне P60 увеличился с 26 до 32-34 кг/га или 23-31%. На фоне с внесением N60P60 изменений выноса фосфора от биопрепаратов не происходило.

На фоне с внесением фосфорного удобрения за счет инокуляции *Pseudomonas* шт. 2137 дополнительное накопление калия в урожае кукурузы составило 58%, при использовании шт. 2184 оно почти удвоилось (92%). За счет инокуляции семян мобилином вынос калия возрос на 74%. На фоне с внесением N60P60 значительного увеличения выноса калия с урожаем от биопрепаратов не происходило.

Инокуляция семян исследуемыми биопрепаратами существенно не изменяла долю азота (азотный индекс) накопленного в зерне от общего его содержания в урожае (табл. 3.18), хотя и прослеживалась тенденция к снижению азотного индекса как при внесении азотного удобрения, так и при использовании биопрепаратов.

Инокуляция семян кукурузы на фоне P60 слабо увеличила затраты азота на формирование 1т зерна с соответствующим количеством соломы. Затраты фосфора, практически, не изменялись. При внесении азотного

удобрения от биопрепаратов несколько повысились затраты калия на формирование 1 т зерна.

В опыте с кукурузой, в среднем за два года, вынос азота с урожаем зеленой массы возрос с 82 до 130 кг/га (табл. 3.19). Внесение азотного удобрения в возрастающих дозах от 0 до 90 кг/га в оба года проведения опыта увеличивало вынос этого элемента с урожаем зеленой массы, при этом четко просматривалась положительная роль доз азотного удобрения. Инокуляция семян биопрепаратами увеличила вынос азота с урожаем кукуруза за счет большей массы, при этом в оба года от штамма 2184 это увеличение было максимальным и составило в среднем за два года 28 кг/га, а при внесении N60 увеличение выноса азота по отношению к фону - 22 кг/га. На фоне азотного удобрения мобилин повышал вынос азота с урожаем зеленой массы кукурузы в оба года. Другие препараты увеличивали вынос азота только в 2000 г. В среднем за два года по всем препаратам вынос азота с урожаем на фоне N60P45K60 увеличился от 23 до 28 кг/га, что примерно эквивалентно внесению под кукурузу азотного удобрения в дозе N90.

С возрастанием доз азотного удобрения от 60 до 90 кг/га значение коэффициента его использования из удобрений увеличилось с 36 до 52 % или в 1,4 раза. Инокуляция семян штаммами *Pseudomonas2137* и *2184* не влияла на коэффициент использования растениями азота удобрений и только препарат мобилин увеличил его с 36 до 54 % или в 1,5 раза (табл. 3.19).

В среднем за два года на фоне P45K60 инокуляция семян всеми биопрепаратами способствовала равнозначному увеличению выноса фосфора с урожаем зеленой массы кукурузы на 7 - 8 кг/га (38 - 44 %). При использовании полного минерального удобрения вынос фосфора с урожаем был, примерно, на 10% меньше, чем на вариантах с инокуляцией семян биопрепаратами. На фоне N60P45K60 биопрепараты увеличили вынос фосфора с урожаем зеленой массы кукурузы на 1 - 4 кг/га, что существенно меньше, чем на фоне без внесения азотного удобрения (табл. 3.19).

В отличие от фосфора, вынос калия с урожаем зеленой массы кукурузы был значительно больше и изменялся от 115 до 203 кг/га (табл. 3.19.). Максимальное увеличение выноса калия с урожаем зеленой массы получено от инокулянтов на фоне без азотного удобрения - 64 - 73 кг/га или 56 - 63 %, на фоне с внесением полного минерального удобрения оно составило, соответственно 27 - 51 кг/га (17-34 %). Связано это, в первом случае, с увеличением продуктивности кукурузы, во втором некоторым повышением концентрации калия в зеленой массе. На фоне P45K60 рост выноса калия с урожаем от всех препаратов был близким. На фоне с вне-

сением полного минерального удобрения наиболее эффективным было действие биопрепаратов на основе штаммов 2137 и 2184.

Таблица 3.19. Вынос элементов питания с урожаем зеленой массы кукурузы, кг/га . Среднее за 2 года

Вариант	Всего			За счет инокуляции			КШУ, удоб, %
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1. P45K60 - фон 1	82	15	115	-	-	-	-
2. Фон 1 + Ps. шт. 2137	98	22	188	16	6	73	-
3. Фон 1 + Ps. шт. 2184	110	23	179	28	8	64	-
4. Фон 1 + мобилин	105	23	182	23	8	67	-
5. N60P45K60 - фон 2	104	21	152	-	-	-	36
6. Фон 2 + Ps. шт. 2137	124	25	203	20	4	51	40
7. Фон 2 + Ps. шт. 2184	122	23	198	18	2	46	37
8. Фон 2 + мобилин	133	22	178	29	1	26	54
9. N90P45K60	130	24	164	-	-	-	52

В полевом опыте с **картофелем** при улучшении условий азотного питания как вследствие внесения удобрения, так и за счет инокуляции семенных клубней препаратами diaзотрофов вынос азота, фосфора и калия урожаем возрастал (табл. 3.20). Минимальный вынос всех элементов минерального питания с урожаем картофеля (клубни+ботва) был на фоне РК, при улучшении обеспечения растений азотом, вследствие использования одноименного удобрения, отмечается заметное возрастание выноса всех трех элементов. При инокуляции клубней diaзотрофами вынос урожаем НРК был таким же, как при применении под картофель азотного удобрения в дозе 60 кг/га. Однако, вынос азота в последнем случае имел тенденцию к росту по сравнению с вариантами инокуляции. При внесении N90 вынос этого элемента значительно повышался, в таких же размерах он был при инокуляции картофеля серацией, по другим препаратам вынос азота получен меньше.

По мнению Э.Л.Климашевского (1991) эффективность использования элементов питания определяется по их доле, находящейся в хозяйственно ценной части урожая. Установлено (табл.3.20), что на РК-фоне в хозяйственно ценной части урожая находилось 52% азота, 66% фосфора и 71% калия, при внесении N60P45K60 доля элементов питания, отчуждаемых с клубнями в общем выносе снижается соответственно до 45, 64 и 64%. При возрастании дозы азотного удобрения до 90 кг/га эта закономерность сохраняется. Другими словами, при использовании азотного

удобрения возрастает непроизводительное использование элементов питания за счет большей локализации их в нетоварной части урожая.

Таблица 3.20. Вынос урожаем картофеля элементов питания. Среднее за два года

Вариант	Вынос, кг/га			Хозяйственный индекс, %		
	N	P ₂ O ₃	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. P45K60- фон 1 (Ф1)	92	28	77	52	66	71
2. Ф1+экстрасол	108	33	93	52	67	71
3. Ф1+серация	108	34	101	55	68	74
4. Ф1+флавобактерин	115	36	106	54	68	72
5. N60P45K60- фон 2 (Ф2)	134	36	104	45	64	64
6. Ф2+экстрасол	148	38	115	48	66	66
7. Ф2+серация	167	45	126	50	68	67
8. Ф2+флавобактерин	155	42	127	50	67	66
9. N90P45K60	161	40	115	47	66	66

При обработке семенного материала препаратами ризосферных diaзотрофов, хотя и не прослеживается явного увеличения доли элементов питания в клубнях от общего его выноса, но имеется тенденция к возрастанию. Следовательно, биопрепараты способствуют некоторому перераспределению элементов питания между надземными органами и клубнями в пользу последних, что связано, вероятно, со способностью микроорганизмов продуцировать физиологически активные вещества и регуляторы роста.

Оценка продуктивности агробиоценоза определяется также количеством созданного органического вещества на единицу потребленного питательного вещества [Климашевский, 1991, Семенов, 1996], и чем больше эти значения, тем эффективнее функционирует агробиоценоз [Жученко, 1994]. Расчеты количества созданного сухого органического вещества на 1 кг потребленного питательного вещества N, P₂O₅ и K₂O свидетельствуют, что значение этого показателя практически не зависело от условий минерального питания, поскольку оно было близким по всем изучаемым вариантам (табл.3.21).

Вместе с тем, при использовании препарата серации на фоне NPK по сравнению только с минеральными удобрениями имелась тенденция к возрастанию количества созданного органического вещества на 1 кг потребленного азота и фосфора, что может служить косвенным показателем повышения эффективности использования этих элементов минерального питания.

Существенное значение при оценке эффективности применения биопрепаратов под картофель имеет показатель коэффициента использования азота. При внесении аммиачной селитры коэффициент использования азота растениями, не зависимо от дозы удобрения, был близким 71-75%. На фоне РК использование инокулированными растениями азота удобрений было таким же (67% по экстрасолу и 68% по флавобактерину) или возрастало до 98% по серации. Расчеты этого важного показателя по отношению к фону РК+биопрепарат, свидетельствуют, о существенном его увеличении до 95% по экстрасолу, 126% по серации и до 106% по флавобактерину.

Таблица 3.21. Влияние препаратов ризосферных diaзотрофов на показатели эффективности использования азота

Вариант	Создано органического вещества на 1 кг потребленного количества, кг			Коэффициент использования N, %	Дополнительный вынос N, кг/га
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1. P45K60- фон 1 (Ф1)	36	119	43		
2. Ф1+экстрасол	35	115	43		16,5
3. Ф1+серация	37	117	40		17
4. Ф1+флавобактерин	37	119	40		23,1
5. K60P45K60-фон 2 (Ф2)	30	113	39	71*	
6. Ф2+экстрасол	30	115	38	67*/95**	14,1
7. Ф2+серация	30	109	39	98*/126**	33,2
8. Ф2+флавобактерин	32	116	39	68*/106**	20,3
9. N90P45K60	27	116	41	77**	

Примечание: *- к фону РК, ** - к фону РК+биопрепарат

Увеличение коэффициента использования растениями азота связано с включением в агробиоценоз биологического азота, фиксированного ризосферными diaзотрофами. Об этом можно судить по количеству дополнительного выноса азота урожаем картофеля при использовании биопрепаратов, рассчитанному по методике ВИУА [Завалин и др., 1998]. В общем выносе азота урожаем картофеля дополнительно использовалось азота на фоне РК 16-23 кг/га, на фоне NPK 14-33 кг/га за счет применения биопрепаратов. На безазотном фоне максимальное увеличение накопления биологического азота происходило при инокуляции семенного материала флавобактерином, на фоне NPK - серацией. Размеры этого показателя возрастали, наряду с возможной фиксацией азота, также и увеличением поглощения этого элемента из почвы вследствие усиления развития корневой системы, а также в результате продуцирования микроорганизмами физиологических веществ различных групп [Волкогон, 1998].

Важными показателями, характеризующими эффективность использования элементов питания, являются их затраты на получение урожая и прибавки урожая, которые обычно используются в качестве нормативных показателей при расчете доз удобрений на планируемый урожай (табл.3.22).

Таблица 3.22. Затраты элементов питания на получение урожая и прибавки урожая клубней картофеля, кг/ц. Среднее за 2 года.

Вариант	На урожай			На прибавку		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. P45K60- фон 1 (Ф1)	0,59	0,18	0,50	-	-	-
2. Ф1+экстрасол	0,61	0,19	0,52	0,77	0,24	0,68
3. Ф1+серация	0,61	0,19	0,56	0,68	0,27	0,96
4. Ф1+флавобактерин	0,64	0,20	0,59	0,92	0,32	1,15
5. N60P45K60- фон 2 (Ф2)	0,71	0,19	0,55	1,19	0,22	0,75
6. Ф2+экстрасол	0,67	0,17	0,52	0,86	0,16	0,57
7. Ф2+серация	0,76	0,20	0,57	1,15	0,26	0,74
8. Ф2+флавобактерин	0,70	0,19	0,58	0,96	0,22	0,76
9. N90P45K60	0,76	0,19	0,54	1,22	0,22	0,66

Минимальные затраты на получение 1 ц клубней были без внесения минерального азота. При его использовании в обеих дозах затраты азота на получение урожая возрастали с 0,59 до 0,71-0,76 кг/ц, максимальными были также и затраты на получение прибавки урожая. Связано это с возрастанием в структуре урожая картофеля доли ботвы и повышения в основной и побочной продукции концентрации этого элемента. При высадке инокулированными клубнями на фоне РК затраты азота на получение 1 ц клубней не имели такого существенного роста, как при внесении под картофель азотного удобрения, несмотря на то, что уровень продуктивности был таким же, как по N60. Аналогичная закономерность четко прослеживается и по затратам азота на получение единицы прибавки урожая клубней, поскольку она существенно меньше, чем по фону N60P45K60. Однако, при использовании флавобактерина отмечался рост затрат азота на получение прибавки урожая клубней. Следовательно, можно констатировать, что при использовании для инокуляции ризосферных diaзотрофов происходит более рациональное использование растениями азота на формирование урожая и прибавки урожая.

Таким образом, результаты полевых опытов свидетельствуют, что биопрепараты увеличивают вынос с урожаем азота, фосфора и калия. При этом отмечается повышение коэффициента использования растениями азота из минеральных удобрений, что имеет положительное экономиче-

ское и экологическое значение. Биопрепараты положительно влияют на локализацию элементов питания в товарной части урожая.

Увеличение выноса азота с урожаем, повышение его использования растениями из минеральных удобрений связано с вовлечением в агроценоз биологического азота, фиксированного микроорганизмами, входящими в состав биопрепаратов, а также продуцированием ими физиологически активных веществ, что приводит к усилению потребления инокулированными растениями элементов питания из почвы и удобрений.

Глава 4. Оценка вклада биологического азота в формирование урожая с использованием стабильного изотопа ¹⁵N

По данным академика Д.А.Коренькова (1999), истинные представления о характере использования растениями азота могут быть получены только в опытах с применением стабильного изотопа. Этот метод позволяет выявить роль различных источников азотного питания растений в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Решение поставленной задачи осуществлено в микрополевых и мелкоделяночных опытах с использованием стабильного изотопа азота ¹⁵N, согласно методики [Методика..., 1998, Оценка..., 2000].

Таблица 4.1. Условия проведения опытов с использованием ¹⁵N

Опыт	Почва		Агрохимическая характеристика почвы				Культура, сорт (гибрид)	Площадь сосуда/делянки, м ²	Дозы N, г/м ² (солома)	Формы N удоб., обогащение
			НКД	Гумус, % по Тюрину	P ₂ O ₅ K ₂ O					
					мг/кг по Кирсанову					
1.Мелкоделяночный	Дерново-подзолистая		5,8-6,4	1,2	181-220	70-90	Яровая пшеница, Крепыш	1	3,0	¹⁵ NH ⁴ ¹⁵ N ₃ 4,98 ат.%; солома озимой ржи-6,68 ат.%
2.Микрополевой	Светло-серая лесная разной окультуренности	I-низкий	6,5-6,8	1,7	145-150	80-83	Яровой ячмень, Риск	0,04	3,0 и 6,0	¹⁵ NH ⁴ ¹⁵ N ₃ 61..24 ат.%
		II-средний	6,1-6,5	2,7	310-325	120-130				
		III-высокий	6,3-6,5	3,8	370-390	310-320				
3.Микрополевой	Светло-серая лесная		5,8-5,9	1,8-2,0	150-160	260-300	Яровой ячмень, Добрый, Риск	0,04	3,0 и 6,0	¹⁴ NH ⁴ ¹⁵ N ₃ 61..24 ат.%
4.Микрополевой	Дерново-подзолистая		5,5-5,7	2,5	2,5	77-86	Яровая пшеница, Энита	0,04	3,0 и 6,0	¹⁵ NH ⁴ ¹⁵ N ₃ 5,0 ат.%
5.Мелкоделяночный	Светло-серая лесная		5,5-5,6	1,8-1,9	147-150	92-96	Кукуруза, Нарт-150	1,4	6,0 и 9,0	¹⁵ NH ⁴ ¹⁵ N ₃ 16,252 ат.%
6.Микрополевой	Дерново-подзолистая		6,4	2,5-2,7	365	120	Яровая пшеница, Иргина	0,04	4,5	¹⁵ NaN ₃ 13,899 ат.%

В опытах оценивали действие биопрепаратов на яровой ячмень, яровую пшеницу и кукурузу в зависимости от плодородия почвы, сорта культур, применения органических и минерального азотного удобрений (табл. 4.1). Во всех опытах вносили азотное удобрение, меченное по ^{15}N различного обогащения, а также меченую по ^{15}N солому озимой ржи. Доза азотного удобрения составляла от 3 до 6 г/м² N, что соответствует 30-60 кг/га, доза соломы и навоза 300 г/м².

Оптимальные условия фосфорно-калийного питания растений, в случае низкого содержания этих элементов в почве, создавали внесением фосфорного и калийного удобрений. Оценивали эффективность микробных препаратов - ризоагрин (*p. Agrobacterium radiobacter* - штамм 204), флавобактерин (*p. Flavobacterium sp.* - штамм Л130), биоплант (*p. Klebsiella mobilis*), экстра-сол (*p. Pseudomonas fluorescens*), мобилин (*Klebsiella mobilis*), а так же новые препараты: *Pseudomonas fluorescences* шт. 2137 и *Pseudomonas corrudato* шт. 2184.

Продуктивность сельскохозяйственных культур является интегральным показателем, отражающим условия жизнедеятельности растений. Биопрепараты, обладая многофункциональным действием, оказывали влияние на массу основной и побочной продукции изучаемых в опытах злаковых культур.

В опыте 1 на дерново-подзолистой супесчаной почве применение азотного удобрения на фонах РК, РК+солома и РК+навоз обеспечило повышение зерновой продуктивности яровой пшеницы (табл. 4.2).

Действие ризоагрина зависело от погодных условий вегетационного периода. В неблагоприятном 1996 г. прибавка урожая от инокуляции по отношению к РК-фону была ниже, чем от применения N30. В более благоприятные годы (1997 и 1998 гг.) урожайность зерна на этих двух вариантах была близкой.

Инокуляция семян ризоагрином на фоне внесения соломы влияло на сбор зерна эквивалентно азотному удобрению. В 1997 г. при достаточном количестве осадков ризоагрин повысил зерновую продуктивность растений на 14% по сравнению с вариантом РК+солома+№0. Достоверная прибавка урожайности получена также от инокуляции семян на фоне N30.

При низком содержании в почве гумуса внесение навоза позволяет улучшить водный баланс дерново-подзолистой супесчаной почвы, повысить микробиологическую активность и обеспечить растения легкодоступными элементами питания [Минеев и др., 1993]. В этих условиях инокуляция семян ризоагрином обеспечила, практически во все годы, достоверную при-

бавку урожая зерна, при этом максимальные его значения от инокуляции получено на фоне навоз+№0.

На фонах РК+солома и РК+навоз (табл. 4.2) во все годы возрос сбор соломы яровой пшеницы по сравнению с фоном РК. Связано это с тем, что эта органическая масса усиливает минерализацию гумуса почвы [Использование соломы..., 1979] и способствует увеличению в ней активности свободных азотфиксаторов [Мишустин, 1972].

Таблица 4.2. Влияние ризоагрина на урожайность яровой пшеницы, г/м²

Вариант		1996г.	1997 г.	1998г.	Среднее за 3 года		
					урожайность зерна	прибавка к фону РК	сбор соломы
РК	-	202	241	221	221	-	221
	РА	221	272	243	245	24	245
	¹⁵ N30	243	264	250	252	31	252
	РА+ ¹⁵ N30	271	319	284	291	70	291
РК + солома (¹⁵N)	-	265	256	252	258	-	258
	N30	283	282	281	282	24	303
	РА	290	321	297	303	45	282
	РА+N30	318	357	327	334	76	334
РК + навоз	-	291	290	292	291	-	291
	РА	321	367	315	334	43	334
	РА+N30	347	413	345	368	77	368
НСР₀₅		20,3	25,5	26,8	23,8		26,4
Р, %		3,13	2,75	1,50	2,79		3,1

Ризоагрин влиял на сбор соломы яровой пшеницы при внесении в почву органического субстрата. На фоне с внесением соломы действие ризоагрина на массу соломы яровой пшеницы во все годы превосходило азотное удобрение, а максимальный ее сбор получен при инокуляции семян на фоне N30.

Четких закономерностей влияния азотного и органических удобрений, а также микробного препарата на содержание азота в зерне и соломе не выявлено. В среднем за годы исследований зерно содержало 1,66-1,80% N, солома 0,37-0,43% N.

В результате изменений массы зерна и соломы, вынос азота с урожаем (табл. 4.3) определялся внесением азотного и применением органических удобрений, инокуляцией семян биопрепаратами и погодными условиями, ве-

гетационного периода. Азотное удобрение увеличило вынос азота урожаем яровой пшеницы, при этом максимальное его значение было на фоне органических удобрений. Ризоагрин способствовал увеличению выноса азота с урожаем по сравнению с контролем на всех фонах, при этом максимальное его значение получено при внесении навоза, затем следовал фон с соломой. На фоне без органических удобрений накопление азота в урожае при внесении N30 превышало вариант с инокуляцией, а на фоне с внесением соломы они были равными.

Таблица 4.3. Вынос азота с урожаем яровой пшеницы (зерно+солома) и коэффициент использования растениями азота ^{15}N из удобрений

Вариант		Вынос азота с урожаем, г/м ²				Коэффициент использования азота из удобрений, %		
		1996г.	1997г.	1998г.	сред.	1996г.	1997г.	сред.
РК	-	4,05	4,48	4,39	4,31	-	-	-
	РА	4,56	4,66	4,99	4,74	-	-	-
	$^{15}\text{N}30$	5,31	5,71	4,81	5,28	29,0	21,8	25,4
	РА+ $^{15}\text{N}30$	5,91	5,85	5,59	5,78	26,8	25,0	25,9
РК + солома (^{15}N)	-	6,12	5,09	5,22	5,48	2,1	1,5	1,8
	N30	7,27	5,87	5,55	6,23	2,2	1,6	1,9
	РА	6,44	6,10	6,07	6,20	2,2	1,4	1,8
	РА+N30	7,55	7,25	6,47	7,09	2,2	2,3	2,2
РК + навоз	-	6,55	5,87	5,95	6,12	-	-	-
	РА	7,07	7,12	6,44	6,88	•	-	-
	РА+N30	7,50	6,96	7,04	7,17	•	-	-

Имеются сведения о том, что ассоциативные микроорганизмы могут увеличить минерализацию органического вещества почвы, а растения потребляют свежеминерализованные соединения и лабильные формы азота [Кудеяров, 1989]. Исходя из этого, предпринята попытка оценить роль ризоагрина в использовании растениями яровой пшеницы азота из свежеминерализованного органического вещества - соломы озимой ржи, меченой стабильным изотопом ^{15}N . Неинокулированными растениями яровой пшеницы из соломы усвоено 0,5-0,6 г/м² азота удобрений, что соответствовала 1,8% от внесенного количества (табл. 4.3). При обработке семян ризоагрином усвоение растениями азота из соломы существенно не отличалось от варианта без инокуляции. Внесение под пшеницу азотного удобрения (^{14}N), практически, не изменило вынос инокулированными растениями ^{15}N из соломы и коэф-

коэффициент его использования составил 1,9%. Инокуляция на фоне N30 несколько увеличивала вынос пшеницей ^{15}N из соломы при благоприятных погодных условиях, в результате чего на этом варианте отмечена тенденция к повышению коэффициента использования растениями азота из соломы озимой ржи внесенной под яровую пшеницу (табл. 4.3).

Использование растениями азота из $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ при недостатке атмосферных осадков в 1996 г. было несколько больше без инокуляции, а в 1997 г., при достаточном количестве осадков наоборот, при посеве инокулированными семенами. В среднем за два года, коэффициент использованного растениями азота из удобрения на фоне с инокуляцией и без нее был практически равным 26% (табл. 4.3).

При определении размеров ассоциативной азотфиксации ни один из существующих методов измерения в полевых опытах не свободен от погрешности [Умаров, 1986, Boddey, 1987], поэтому в этом опыте проведена оценка несколькими методами [Оценка..., 2000]. При определенном допущении установлено, что количество фиксированного азота, используемого растениями за счет ризосферных diaзотрофов, рассчитанное разностным и разностным с ^{15}N методами существенно не различалось как при внесении меченого азотного удобрения, так и меченой по ^{15}N соломы. Можно предположить, что выявленные размеры азотфиксации ризосферными diaзотрофами обоими методами с достаточной степенью характеризуют размеры поступления азота воздуха в агроценоз. Количество фиксированного азота, рассчитанное по методу изотопного разбавления, существенно изменялось по годам проведения опыта и отличалось от значений, рассчитанных первыми двумя методами (табл. 4.4).

В 1996 г. максимальное количество условно фиксированного азота поступило в растения без применения органических удобрений и при внесении навоза, в 1997 г. - на фонах с внесением соломы и полуперепревшего навоза. Вероятно, это является свидетельством того, что за счет дополнительного внесения органического вещества усиливается активность ассоциативной азотфиксации.

По данным того же опыта рассчитана роль различных источников азота (удобрение, почва, "экстра" азот, фиксированный азот) в формировании урожая яровой пшеницы. Основное количество азота в растения поступало из почвы (75-92%). Обработка семян ризоагрином и внесение азотного удобрения снизило долю почвенного азота в формировании урожая яровой пшеницы до 73-85%. Доли азота, фиксированного ризосферными diaзотрофами, азотного удобрения и "экстра" азота в составе урожая изменялись в зависи-

мости от погодных условий вегетационного периода. Во влажный и теплый 1996 г. доля биологического азота без внесения органических удобрений была больше, чем при применении соломы. В 1997 г., когда во второй половине вегетации растения испытывали дефицит осадков, в составе урожая возрастала доля биологического азота на фоне с соломой. В среднем за два года, доля биологического азота в формировании урожая яровой пшеницы на фоне с внесением навоза составила 6-8% и 11% при внесении соломы, что также косвенно подтверждает роль внесенного органического вещества в функционировании азотофиксирующей системы растение - микроорганизм. Как в отдельные годы, так и в среднем по опыту, доля азота минерального удобрения в формировании урожая пшеницы, независимо от использования инокулянтов, составила 13-14%. Азотное удобрение и ризоагрин не изменяли долю минерализованного ^{15}N соломы в формировании урожая пшеницы. Доля "экстра" азота в формировании урожая незначительно изменялась в зависимости от погодных условий и составляла в среднем за два года 8-9% на фоне без органических удобрений. На фоне с внесением соломы доля этого источника азота в питании растений возрастала до 13-14%.

Таблица 4.4. Количество фиксированного азота в урожае яровой пшеницы при использовании ризоагрин, г/м²

Вариант		1996 г.			1997 г.			Среднее		
		1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*
	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
	РА	0,51	-	-	0,18	-	-	0,35	-	-
	РА+N30	0,60	0,71	1,40	0,10	0,22	1,14	0,37	0,46	1,27
РК + соло МА	РА	0,31	0,32	1,04	1,00	1,03	4,22	0,66	0,68	2,63
	РА+N30	0,29	0,30	1,68	1,39	1,38	0,19	0,84	0,84	0,93
РК + навоз	РА	0,52			1,25			0,89		

Примечание: 1* - разностный метод; 2* - разностный с использованием ^{15}N ; 3* - метод изотопного разбавления.

и П

Итак, установлено, что в функционировании азотфиксирующей системы злаковое растение - микроорганизм, определенная роль принадлежит органическому веществу почвы, при низком его содержании в почве внесение органического субстрата (солома) способствует повышению действия био-препаратов.

Учитывая этот факт, была проведена оценка влияния инокуляции семян яровой пшеницы биопрепаратами в зависимости от уровня плодородия светло-серой лесной почвы (опыт 2). Зерновая продуктивность ячменя сильно изменялась в зависимости от погодных условий вегетационного периода. В благоприятном для роста и развития растений 1998 г. (табл. 4.5) урожайность зерна изменялась от 15,8 до 40,6 г/сосуд, а при недостатке атмосферных осадков в 2000 г. сбор зерна достиг 15,4 г/сосуд.

В этом году на низком уровне плодородия почвы достоверное увеличение массы зерна получено при внесении N30. На остальных вариантах с применением биопрепаратов и азотного удобрения роста продуктивности не происходило. На почве со средним уровнем плодородия при обработке семян ризоагрином на РК-фоне достигнута максимальная урожайность - 40,6 г/сосуд. Флавобактерин так же достоверно увеличил урожайность (34,9 г/сосуд). Внесение N30 и N60 на РК-фоне способствовало росту сбора зерна, однако его размеры (30 г/сосуд) были ниже, чем при использовании биопрепаратов. При совместном применении азотного удобрения и diaзотрофов масса зерна была такой же или несколько меньше, чем при использовании одних биопрепаратов. На высоком уровне плодородия в 1998 г. при инокуляции семян ячменя ризоагрином на РК-фоне сбор зерна был идентичен применению N30. Обработка семян флавобактерином увеличила массу зерна только на фоне 1 + РК.

В 1999 г., при дефиците атмосферных осадков в течение всей вегетации, зерновая продуктивность ячменя была значительно ниже, чем в 1998 г. (14,2 -27,3 г/сосуд). Достоверного увеличения урожайности от всех изучаемых приемов не отмечено. При сравнении урожайности на различных уровнях плодородия почвы, следует отметить, что максимальный сбор зерна (21,3-27,3 г/сосуд) был на низком уровне плодородия. Минимальная урожайность (14,2-19,2 г/сосуд) сформировалось на почве с высоким уровнем плодородия. Вероятно, связано это с тем, что более развитые в начале вегетации растения на плодородной почве в большей степени страдали от дефицита атмосферных осадков во вторую половину вегетации.

В 2000 г. так же при неблагоприятных погодных условиях, получена минимальная зерновая продуктивность ячменя 9,0-15,4 г/сосуд из всех годов исследований (табл. 4.5). На низком уровне плодородия достоверная прибавка массы зерна получена при внесении N60. При инокуляции биопрепаратами на фоне с внесением азотного удобрения наблюдали лишь тенденцию роста сбора зерна. На среднем уровне плодородия почвы обработка семян биопрепаратами на обоих фонах удобрений позволила получить достоверное

Таблица 4.5. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность ячменя в зависимости от уровня плодородия светло-серой почвы, г/сосуд

	Зерно				Солома, средняя
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	средняя	
низкий уровень плодородия					
РК-фон 1	15,8	23,6	9,1	16,1	19,8
РК+ризоагрин	20,3	25,1	9,7	18,4	23,1
РК+флавобактерин	18,7	22,5	9,0	16,7	22,6
РК+N30 -фон 2	21,1	27,3	9,7	19,4	26,1
РК+ЮО+ризоагрин	19,3	21,3	10,3	17,0	23,9
РК+N30+флавобактерин	19,1	23,5	10,0	17,5	24,6
РК+N60	19,4	23,8	11,1	18,1	26,2
средний уровень плодородия					
РК-фон 1	20,9	17,4	9,7	16,0	16,5
РК+ризоагрин	40,6	19,2	12,5	24,1	26,4
РК+флавобактерин	34,9	17,7	12,5	21,7	23,5
РК+ЮО-фон2	30,0	22,1	12,3	21,5	23,3
РК+ЮО+ризоагрин	36,6	20,3	12,9	23,3	27,7
РК+ЮО+флавобактерин	34,5	23,4	12,6	23,5	24,6
РК+N60	30,7	23,1	12,5	22,1	25,4
высокий уровень плодородия					
РК-фон 1	28,9	14,8	9,3	17,7	21,7
РК+ризоагрин	38,0	14,9	11,0	21,3	25,2
РК+флавобактерин	33,6	14,2	13,0	20,2	26,6
РК+ЮО-фон2	38,2	17,9	12,5	22,9	26,5
РК+ЮО+ризоагрин	37,4	17,7	13,6	22,9	23,7
РК+N30+флавобактерин	30,5	18,1	13,2	20,6	25,5
РК+N60	34,6	19,2	15,4	23,1	27,0
Р, %	6,73	14,17	3,34		
НСР ₀₅	5,46	8,15	1,09		
НСР(А)-плодородие	2,07	3,08	0,41		г
НСР (В)-удобрения	3,15	4,7	0,63		

увеличение массы зерна, соответствующее внесению N30 и N60. На высоком уровне плодородия при инокуляции семян флавобактерином на РК-фоне сбор зерна составил 13,0 г/сосуд, что превышало вариант фон 1+ризоагрин. На азотном фоне действие ризоагрина и флавобактерина на сбор зерна было одинаковым (13,6 и 13,2 г/сосуд).

Следовательно, действие биопрепаратов на зерновую продуктивность

ячменя зависит во-первых от погодных условий, и во-вторых от уровня плодородия почвы. В благоприятном по погодным условиям 1998 г. максимальная прибавка урожайности от биопрепаратов получена на средне плодородной почве.

В среднем за три года минимальная зерновая продуктивность ячменя была на почве с низким уровнем плодородия. Внесение азотного удобрения увеличило здесь урожайность до 19,4 г/сосуд. При использовании инокулянтов сбор зерна достиг 18,4 г/сосуд. Ризоагрин на РК-фоне, не зависимо от уровня плодородия почвы, достоверно увеличивал сбор зерна. Флавобактерин, по своей эффективности несколько уступал ризоагрину на РК-фоне. На среднем уровне плодородия биопрепараты были эквивалентны N30 кг/га.

Максимальный сбор соломы получен в 1998 г. при достаточном увлажнении. На низком уровне плодородия почвы внесение МЗУ способствовало получению максимальной (40,5 г/сосуд) массы соломы. Такой же сбор соломы был при использовании ризоагрина на фоне 1. На среднем уровне плодородия почвы ризоагрин обеспечил максимальный сбор соломы (43,5 и 43,0 г/сосуд). Внесение N30 и N60 увеличило массу соломы, но прибавка была ниже, по сравнению с биопрепаратами. На высокоплодородной почве достоверная прибавка массы соломы достигала от флавобактерина на РК-фоне. В 1999 г. и 2000 гг. сбор соломы был значительно ниже, по сравнению с 1998 г. В 1999 г. достоверная прибавка на всех уровнях плодородия получена от N60. Достоверное её увеличение от флавобактерина было на среднеплодородной почве. В 2000 г. на низкоплодородной почве максимальный сбор соломы получен при внесении N60. На почве низкого и среднего плодородия увеличение сбора соломы происходило при использовании биопрепаратов на фоне N30. На высокоплодородной почве действие биопрепаратов на массу соломы уступало внесению N60.

В среднем за три года (табл. 4.5) ризоагрин и флавобактерин на обоих фонах удобренности увеличили массу соломы.

Вынос азота зерном и соломой при внесении азотного удобрения возрастал по сравнению с РК-фоном (табл. 4.6).

Максимальное накопление азота в зерне и соломе ячменя получено на почвах среднего и высокого плодородия. Обработка семян биопрепаратами на всех почвах повышала вынос азота по сравнению с РК-фоном. На почве среднего и высокого плодородия инокуляция ризоагрином на фоне N30PK увеличила вынос азота зерном и соломой соответственно до 459 и 461 мг/сосуд. Азотное удобрение в обеих дозах на всех почвах увеличило вынос этого элемента с урожаем.

Таблица 4.6. Вынос азота с урожаем зерна и соломы ячменя в зависимости от обработки семян биопрепаратами и уровня плодородия светло-серой лесной почвы, мг/сосуд (среднее за 1998-2000 г.г.)

Вариант	Плодородие почвы		
	низкое	среднее	Высокое
РК - фон 1	300	304	318
РК+ризоагрин	349	412	431
РК+флавобактерин	318	389	404
РК+ЮО-фон2	386	481	476
РК+ЮО+ризоагрин	335	459	461
РК+N30+ флавобактерин	330	437	429
РК+N60	357	428	489

Рассчитано количество условно биологического азота, участвующего в формировании урожая ячменя, разностным и разностным методами с использованием стабильного изотопа ^{15}N (табл. 4.7). Максимальное количество фиксированного азота воздуха в урожае, рассчитанное разностным методом, получено при оптимальных погодных условиях 1998 г. при выращивании ячменя на среднеплодородной почве. При обработке семян флавобактерином на РК-фоне количество фиксированного азота, практически, не менялось по фонемам плодородия почвы. На среднеплодородной почве ризоагрин способствовал максимальному использованию биологического азота - 558 мг/сосуд.

В 1999 г. наибольшее количество фиксированного азота в урожае по разностному методу было на почве со средним уровнем плодородия. На почве с низким и высоким плодородием количество условно биологического азота снижалось по сравнению со средним и здесь более эффективным был ризоагрин. В 2000 г. на низкоплодородной почве биологический азот почти не участвовал в формировании урожая ячменя. На средне- и высокоплодородной почве количество фиксированного азота в урожае ячменя, определенное разностным методом составило от 27 до 94 мг/сосуд, больше его было на высокоплодородной почве.

При расчете размеров возможной азотфиксации разностным методом с использованием стабильного изотопа ^{15}N выявлено, что 1998 г. на всех уровнях плодородия почвы фиксированный азот в растения не поступал, поскольку от инокуляции на фоне НРК не происходило увеличения продуктивности ячменя. В 1999 г. при инокуляции семян биопрепаратами на фоне N30 получены близкие значения биологического азота, рассчитанные обоими ме-

тодами. В 2000 г. с использованием стабильного изотопа ^{15}N получены меньшие значения биологического азота, по сравнению с первым методом (табл. 4.7).

Таблица 4.7. Количество биологического азота в урожае ячменя, мг/сосуд

	Разностный метод			Разностный с исп. ^{15}N		
	1998 г.	1999 г.	2000г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.
низкий уровень плодородия						
PK+ризоагрин	257	43	0	-	-	-
PK+флавобактерин	232	5	0	-	-	-
PK+ЮО+ризоагрин	0	0	0	0	0	0
PK+№0+флавобактерин	0	0	7	0	0	26
средний уровень плодородия						
PK+ризоагрин	558	65	37	-	-	-
PK+флавобактерин	284	126	56	-	-	-
PK+ЮО+ризоагрин	0	26	27	0	25	0
PK+N30+ флавобактерин	0	86	0	0	81	0
высокий уровень плодородия						
PK+ризоагрин	246	5	59	-	-	-
PK+флавобактерин	283	0	94	-	-	-
PK+N3 0+ризоагрин	0	0	36	0	0	9
PK+N3 0+флавобактерин	0	54	68	0	49	32

Повышение урожайности в вариантах, где не выявлено поступления фиксированного азота в растения, вероятно связано с тем, что биопрепараты способствовали подавлению патогенной микрофлоры, а так же за счет продуцирования физиологически активных веществ [Кравченко, 2000, Кулакова, 2000, Леонова-Ерко, 2000, Макаров, 2002, Хоанг Хонг, 2000].

Основным источником формирования урожая ячменя при всех уровнях плодородия был азот почвы (табл. 4.8). Доля биологического азота существенно менялась в зависимости от погодных условий вегетационного периода и зависела от применения азотного удобрения и уровня плодородия почвы. На низкоплодородной почве биопрепараты и азотное удобрение снижали до 12-15% долю фиксированного азота по сравнению с другими почвами. Внесение N30 уменьшило долю азота почвы до 74% по сравнению с 81-88% при использовании только биопрепаратов и на фоне N-удобрения. Флавобактерин и ризоагрин обеспечили потребность растений условно фиксированным азотом на 12-15%. При совместном использовании биопрепаратов и азотного

удобрения в урожае фиксированного азота не выявлено, а доля азота удобрений составляла 7-10%, "экстра" азота - 8-9%.

На среднеплодородной почве доля азота почвы в урожае ячменя была меньше, чем на других уровнях плодородия (66-75%). Доля фиксированного азота при использовании биопрепаратов на РК-фоне составила 1/4 от общего его выноса, совместное их использование с N30 снижало долю фиксированного азота до 1-3% при этом "экстра" азот составлял 1/5 (табл. 4.8).

Таблица 4.8. Доля различных источников азота в формировании урожая ячменя, среднее за три года, %

Вариант	Уровень плодородия почвы											
	низкий				средний				Высокий			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
РК - фон	100	.	.	.	100	.	.	.	100	.	.	.
РК+ризоагрин	85	15	.	.	74	26	.	.	86	14	.	.
РК+флавобактерин	88	12	.	.	75	25	.	.	83	17	.	.
РК+N30	74	.	11	15	68	.	5	27	75	.	6	19
РК+N30+ризоагрин	81	0	10	9	66	1	11	22	76	.	9	14
РК+N30+флавобактерин	85	0	1	8	/и	3	У	18	/1	2	8	19

* Примечание: 1- почва; 2 - биологический азот; 3 - удобрение; 4 - "экстра" азот.

На высокоплодородной почве доля азота почвы в формировании урожая ячменя составляла 71-86%, на вариантах РК+биопрепарат она была выше, чем при совместном применении N-удобрения и инокулянтов. Максимальная доля условно биологического азота в урожае ячменя получена на среднеплодородной почве. На с низкоплодородной почве процесс азотфиксации затормаживался, вероятно из-за недостатка субстрата для diaзотрофов. На почве с высоким содержанием углерода его достаточно для микроорганизмов не только интродуцированных, но и свободноживущих diaзотрофов. Кроме того, в последней почве из-за высоких резервов органического вещества потребность растений может удовлетворяться за счет текущей минерализации почвенного азота. Полученные в этом опыте данные подтверждают результаты опыта 1, где показана роль свежеснесенного органического вещества в функционировании ассоциативной азотфиксации.

На средне- и высокоплодородной почвах ризосферные diaзотрофы способствовали повышению усвоения фитомассой ячменя азота удобрения, а на низкоплодородной - наоборот, уменьшению коэффициента использования растениями азота удобрения.

Накопление ^{15}N в корнях в общем выносе азота растениями было незначительным (от 3 до 6 мг/сосуд). Неучтенные потери азота удобрения на почве с низким уровнем плодородия были выше по сравнению с другими почвами. Обработка семян инокулянтами снижала этот показатель на средне- и высоко плодородной почвах, тогда как на низкоплодородной - увеличивала его.

Таблица 4.9. Баланс ^{15}N удобрения при использовании биопрепаратов под ячмень при различном плодородии почвы, среднее за три года

Вариант	Использовано				Неучтенные потери		Закрепилось в почве	
	фитомассой		Корнями		мг/сосуд	%	мг/сосуд	%
	мг/сосуд	%	мг/сосуд	%				
низкий уровень плодородия								
PK+N30	46	38	6	5	39	33	29	24
PK+N30+PA	40	33	4	3	50	42	26	22
PK+ШО+ФБ	39	33	5	4	51	42	25	21
средний уровень плодородия								
PK+N30	28	23	4	3	41	35	47	39
PK+N30+PA	53	44	4	3	24	20	39	33
PK+ИЗО+ФБ	45	37	6	5	25	21	44	37
высокий уровень плодородия								
PK+N30	33	27	3	2	47	39	37	32
PK+N30+PA	51	43	3	2	23	19	43	36
PK+ЮО+ФБ	47	39	4	3	30	25	39	33

На средне и высокоплодородной почвах биопрепараты повышали закрепление в почве азота удобрений до 39-43 мг/сосуд, а на низкоплодородной снижали его до 15-26 мг/сосуд и увеличивали неучтенные потери.

При изучении роли биопрепаратов в распределении ^{15}N в товарной и нетоварной частях урожая в фазу полной спелости установлено, что в благоприятном по погодным условиям 1998 г. ризоагрин не влиял на поступление азота удобрения в зерно по сравнению с вариантом без инокуляции на низкоплодородной почвах, а на высокоплодородной, наоборот, большая доля ^{15}N -удобрения от общего количества в растении поступала в зерно (табл. 4.10). Аналогичная зависимость характерна для флавобактерина на среднеплодородной почвах, в то время как на низко- и высокоплодородной

почве этот биопрепарат тормозил накопление азота в зерне и увеличивал его накопление в соломе. При неблагоприятных погодных условиях в 1999 г. оба биопрепарата на низко- и среднеплодородной почвах снижали долю азота удобрений в зерне и увеличивали её в соломе. На высокоплодородной почве биопрепараты повышали накопление ^{15}N в зерне и снижали в соломе. В 2000 г. на высокоплодородной почве доля азота удобрения уменьшалась в зерне при использовании биопрепаратов и возрастала в соломе, поскольку ризоагрин и флавобактерин способствовали увеличению ее сбора.

Таблица 4.10. Распределение ^{15}N -удобрения в зерне, соломе и корнях, % от общего накопления в биомассе ячменя

Вариант	Зерно				Солома				Корни			
	Годы											
	1998	1999	2000	сред.	1998	1999	2000	сред.	1998	1999	2000	Сред.
Низкоплодородная почва												
PK+N30	61	73	52	62	26	19	36	27	13	8	12	11
PK+ЮО+ризоагрин	61	69	75	68	27	19	21	22	12	12	4	9
PK+ЮО+флавобактерин	43	64	69	59	36	24	23	28	21	12	8	14
Среднеплодородная почва												
PK+N30	71	60	63	65	19	26	27	24	10	14	10	11
PK+ЮО+ризоагрин	75	54	65	65	18	34	28	27	7	12	7	9
PK+ЮО+флавобактерин	73	47	59	60	16	37	31	28	11	16	10	12
Высокоплодородная почва												
PK+N30	64	56	91	70	27	30	7	21	9	14	2	8
PK+ЮО+ризоагрин	81	79	63	74	14	13	30	19	5	8	7	7
PK+ЮО+флавобактерин	35	75	58	56	57	18	35	37	8	7	7	7

В среднем за три года на низко- и высокоплодородной почве ризоагрин способствовал слабому увеличению доли азота удобрения ^{15}N в зерне и снижению ее в соломе, а на среднеплодородной почве он не влиял на этот показатель. Флавобактерин, независимо от уровня плодородия почвы, несколько снижал долю азота удобрения в зерне и увеличивал ее в соломе.

Доля ^{15}N в корнях не превышала 20% от общего его содержания во всем растении (табл. 4.10). На низкоплодородной почве в 1998 г. обработка семян флавобактерином несколько повысила долю азота удобрения в корнях. На среднеплодородной почве ризоагрин способствовал слабому снижению доли азота в корнях. Флавобактерин в 1998 и 2000 г.г. не изменял этот показатель и лишь в 1999 г. несколько увеличил накопление ^{15}N в корнях по от-

ношению к варианту с применением только азотного удобрения. На высокоплодородной почве доля ^{15}N в корнях ячменя от общего его накопления в растениях была ниже, чем на двух других уровнях плодородия почвы.

В опыте 3 изучали отзывчивости различных сортов ячменя на инокуляцию биопрепаратами и N-удобрение.

В среднем за годы исследований прибавки урожая зерна от ризоагрина на фоне РК составили у сорта Риск 31%, у сорта Добрый 32% и 20% у сорта Андрей, а от внесения азотного удобрения - соответственно: 46, 26 и 28% (табл. 4.11). В этом случае эффективность ризоагрина у сортов Риск и Андрей уступала азотному удобрению, у сорта Добрый она равноценна N30 или превышает её. На фоне с внесением N30 ризоагрин повышал урожайность зерна только на сорте Добрый. При этом действие биопрепарата было больше при достаточном количестве атмосферных осадков или слабом их дефиците и меньше в год с резким их недостатком.

Инокуляция флавобактерином семян всех сортов достоверно увеличила сбора зерна по сравнению с РК-фоном. На сорте Риск флавобактерин уступал азотному удобрению в дозе N30, у сортов Добрый и Андрей его эффективность эквивалентна N30. На фоне N30 положительное действие от флавобактерина получено у сортов Риск и Добрый в год с резким недостатком атмосферных осадков, что свидетельствует о повышении устойчивости инокулированных растений этих сортов к неблагоприятным факторам внешней среды [Кулакова, 2000].

Выявлена сортовая специфика отзывчивости ячменя на инокуляцию ризосферными дiazотрофами и "по сбору соломы (табл. 4.11). На РК-фоне ризоагрин у сортов Риск и Добрый и флавобактерин у всех сортов увеличили сбор побочной продукции. На NPK-фоне сбор соломы возрос от инокуляции ризоагрином у сортов Риск и Андрей, от флавобактерина - у сортов Добрый и Андрей.

Содержание общего азота в зерне ячменя (табл. 4.11) при недостатке атмосферных осадков в период вегетации было максимальным. Зерно сорта Риск характеризовалось повышенным содержанием азота по сравнению с другими. Внесение азотного удобрения под все сорта ячменя увеличило содержание азота в зерне на 10-14% (относительных). Инокуляция семян на фоне внесения РК-удобрений повысила содержание азота в зерне сорта Риск только от ризоагрина, у сорта Андрей - от ризоагрина и флавобактерина на 13-18% (относительных), у сорта Добрый увеличения содержания N биопрепаратов не происходило. На фоне NPK-удобрений у сортов Добрый и Андрей флавобактерин повышал содержание азота в зерне.

lj

Таблица 4.11. Урожайность ячменя в зависимости от инокуляции семян биопрепаратами

Вариант	Сбор зерна, г/сосуд				Масса со- ломы, г/сосуд	Содержа- ние азота в зерне, %
	1997 г.	1998 г.	1999 г.	среднее		
Риск						
РК-фон 1	18,4	20,9	17,4	18,9	19,1	1,75
РК+ризоагрин	21,9	35,0	17,7	24,8	29,8	1,97
РК+флавобактерин	21,9	30,1	22,1	24,7	27,2	1,72
РК+№0-фон 2	23,5	40,6	19,0	27,7	28,2	1,96
РК+N3 0+ризоагрин	24,1	36,6	20,3	27,0	30,0	2,03
РК+ЫЗО+флавобактерин	22,3	34,4	23,4	26,7	25,7	2,04
Добрый						
РК - фон 1	12,5	28,6	17,4	19,5	19,3	1,70
РК+ризоагрин	21,4	38,2	18,2	25,9	23,0	1,77
РК+флавобактерин	17,4	34,4	21,4	24,4	24,0	1,73
РК+ЮО-фон 2	15,6	39,3	18,9	24,6	25,5	1,87
РК+N3 0+ризоагрин	19,2	42,9	19,5	27,2	26,5	1,78
РК+N3 0+флавобактерин	22,5	38,1	18,7	26,4	29,4	1,94
Андрей						
РК - фон 1	16,0	24,4	15,4	18,6	20,2	1,59
РК+ризоагрин	19,2	36,1	18,0	22,4	20,2	1,80
РК+флавобактерин	22,5	30,4	18,0	23,6	22,3	1,88
РК+ЮО-фон 2	14,8	38,2	19,3	23,9	22,1	1,82
РК+N3 0+ризоагрин	15,4	36,7	18,4	23,6	24,0	1,88
РК+К30+флавобактерин	14,3	39,7	18,5	24,2	27,6	2,00
Р, %	4,8	3,7	3,6	4,4		
НСР _{0,5}	4,2	6,5	5,2	3,1		

Концентрация азота в соломе сортов Риск и Добрый на фоне РК повышалась от инокуляции ризоагрином и флавобактерином, а у сорта Андрей - только от флавобактерина. При внесении азотного удобрения и инокуляции семян обоими изучаемыми биопрепаратами - это характерно для сортов Риск и Андрей. Положительное действие биопрепаратов на содержание азота в корнях наблюдалось только у сорта Добрый.

Биопрепараты на фоне РК увеличили вынос азота с урожаем всех сортов. Использование растениями азота удобрений зависит от многих факторов [Кореньков, 1999, Осипов, Соколов, 2001], среди которых особая роль принадлежит сортовым особенностям культуры, погодным условиям вегетационного периода, дозам удобрений [Смирнов, Кидин, 1983].

Использование азота удобрения (^{15}N) растениями ячменя зависело от погодных условий вегетационного периода. При недостатке атмосферных осадков в период вегетации растения в большей степени использовали азот удобрения. Однако, в этих условиях возрастали неучтенные потери азота удобрения, приходящиеся, как известно, на газообразные [Кореньков, 1999]. В условиях достаточного количества осадков, увеличилось закрепление азота удобрений в почве и снижались газообразные потери ^{15}N (табл. 4.12).

Ризоагрин и флавобактерин повышали накопление азота удобрения в зерне сорта Риск, а у сорта Добрый оно снижалось. Применение биопланта на обоих сортах снижало использование растениями азота удобрений.

Накопление ^{15}N в растениях сорта Добрый в 1,12 раза больше, чем у сорта Риск. При выращивании сорта Добрый снижались неучтенные потери азота удобрений.

Ризоагрин и флавобактерин, независимо от сорта, по сравнению с фоном без инокуляции уменьшали закрепление азота удобрения (^{15}N) в почве. Биоплант проявлял такое же действие при выращивании сорта Риск. На сорте Добрый отрицательное действие биопланта на закрепление азота удобрения в почве существенно снижалось.

В корнях ячменя, независимо от сорта и используемых инокулянтов, накапливалось 2-3% от внесенной дозы азотного удобрения.

Коэффициент использования азота удобрения у сорта Риск составил 39%, у сорта Добрый - 43%. Применение биопрепаратов ризоагрин и флавобактерин увеличило использование азотного удобрения на 7-8% у сорта Риск и не изменило его у сорта Добрый, а у сорта Риск коэффициент использования азота удобрений был таким же, как без инокуляции.

Неучтенные потери азота удобрений были несколько больше при выращивании ячменя сорта Риск, они снижались у сорта Добрый, поскольку он больше ^{15}N использовал на формирование урожая. Биоплант, при выращивании обоих сортов, повышал неучтенные потери ^{15}N в результате меньшего использования его растениями. Инокуляция семян ризоагрином на 4% снижала на газообразные потери азота удобрения при выращивании сорта Риск и увеличивала их на 8% у сорта Добрый. Применение флавобактерина не изменило, по сравнению с фоном без инокуляции, потери азота при выращивании сорта Риск и увеличило их на 9% при выращивании сорта Добрый.

Расчитана доля источников азота в формировании урожая ячменя (табл. 4.13): азоту почвы принадлежала основная роль. При инокуляции семян биопрепаратами происходит, с одной стороны, вовлечение в агроценоз азота атмосферы и, с другой, усиление использования растениями азота поч-

вы за счет микростатического эффекта. Доля дополнительного азота, участвующего в формировании урожая при использовании биопрепаратов на фоне без азотного удобрения составила 30-49% у сорта Риск и 14-24% у сорта Добрый. На обоих сортах максимальным эффектом обладал ризоагрин, меньшим - флавобактерин.

Таблица 4.12. Баланса азота удобрений (^{15}N) при инокуляции биопрепаратами различных сортов ячменя. Среднее за 2 года

Вариант	мг/сосуд				%			
	почва	корни	вынос с урожаем	неучтенные потери	почва	корни	вынос с урожаем	неучтенные потери
Риск								
$^{15}\text{N30PK}$	39	4	42	35	33	3	35	29
$^{15}\text{N}0\text{PK}+\text{ризоагрин}$	36	3	52	29	30	2	43	25
$^{15}\text{N}30\text{PK}+\text{флавобактерин}$	31	3	50	36	26	2	42	30
$^{15}\text{N}0\text{PK}+\text{биоплант}$	29	4	40	47	24	3	34	39
Добрый								
$^{15}\text{N30PK}$	41	4	55	20	34	3	46	17
$^{15}\text{N}0\text{PK}+\text{ризоагрин}$	29	4	57	30	24	3	48	25
$^{15}\text{N}0\text{PK}+\text{флавобактерин}$	31	3	56	30	25	3	46	26
$^{15}\text{N}30\text{PK}+\text{биоплант}$	36	4	38	42	30	3	32	35

Доля азота удобрения в формировании урожая обоих сортов ячменя составила 6-8%. Биопрепараты не изменяли долю азота удобрения в формировании урожая обоих сортов.

При инокуляции семян ячменя биопрепаратами на фоне с внесением азотного удобрения урожай зерна формируется за счет "экстра" азота на 35% у сорта Риск и на 24% у сорта Добрый.

Максимальная доля биологического азота, участвующего в формировании урожая ячменя, установленная разностным методом с использованием ^{15}N , получена у сорта Риск по ризоагрину (8%) и у сорта Добрый по флавобактерину (17%). Сортом Риск использовано биологического азота на формирование урожая, определенное разностным методом, в 2 раза больше, по сравнению с сортом Добрый.

Ризоагрин и флавобактерин несколько (с 91 до 94%) увеличили накопление азота удобрения в надземной массе сорта Риск, а у сорта Добрый инокуляция на этот показатель не влияла. Азотный индекс (доля азота зерна от общего содержания в урожае) под действием этих биопрепаратов возрастал с

74 до 76-81% у сорта Риск, а у сорта Добрый, наоборот, он снижался с 85 до 80% (табл. 4.14). Применение биопланта у сорта Риск не изменяло, а у сорта Добрый снижало, по сравнению с фоном без инокуляции, локализацию азота в надземной массе от общего его накопления в растения. У обоих сортов биоплант способствовал уменьшению значения азотного индекса с 74 до 66% у сорта Риск и с 85 до 71% у сорта Добрый.

В 1998 и 1999 гг. биопрепараты снижали накопление в корнях азота удобрения, в 2000 г. с внесением $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ накопление азота в корнях составляло лишь 2% от общего его содержания во всем растении.

Таблица 4.13. Доля различных источников азота в формировании урожая зерна сортов ячменя, %. Среднее за 2 года

Вариант	Почва		Удобрение		"Экстра" азот		Биологический азот				
	1	2	1	2	1	2	А		Б		
							1	2	1	2	
РК-фон 1	100	100									
РК+ризоагрин	51	76	-	-	-	-	49	24	-	-	
РК+флавобактерин	55	82	-	-	-	-	45	18	-	-	
РК+биоплант	70	86	-	-	-	-	30	14	-	-	
^{15}N ЗОРК	56	66	6	8	38	26	-	-	-	-	
^{15}G ООРК+ризоагрин	51	64	7	8	34	25	-	-	8	3	
^{15}B ЗОРК+флавобактерин	55	54	7	8	37	22	-	-	1	17	
^{15}N З ОРК+биоплант	59	68	6	8	35	26	-	-	-	-	

***Примечание: А- биологический азот по разностному методу; Б- биологический азот по разностному методу с использованием ^{15}N ; 1 - сорт Риск; 2 - сорт Добрый

Таблица 4.14. Распределение азота удобрения (^{15}N) по органам растений, среднее за 2 года

Вариант	Содержание ^{15}N , мг/сосуд				Доля N,% надземная масса от общего		Азотный индекс	
	зерно+солома+корни		зерно+солома					
	I	II	I	II	I	II	I	II
^{15}N ЗОРК	47	59	43	56	91	94	74	85
$^{15}\text{Ю}$ ОРК+ризоагрин	55	61	52	57	93	93	76	80
^{15}B ЗОРК+флавобактерин	54	60	50	56	94	94	81	80
^{15}N З ОРК+биоплант	44	47	40	38	91	91	66	71

Примечание: I- сорт Риск; II - сорт Добрый

Отмеченные закономерности роли биологических препаратов в исполь-

зовании азота удобрения, вероятно, связаны с сортовыми особенностями отзывчивости ячменя на применение азотного удобрения, а также с характером действия на растения микроорганизмов, на основе которых изготовлены биопрепараты.

Проведена оценка размеров вовлечения дополнительного количества биологического азота в формирование урожая разностным методом и разностным методом с использованием ^{15}N . Их значения по обоим методам примерно одинаковы (табл. 4.15).

Таблица 4.15. Дополнительное количество биологического азота усвоенного растениями, мг/сосуд

Вариант	Риск		Добрый	
	1*	2	1	2
^{15}N З ОРК+ризоагрин	68	59	23	22
^{15}N З ОРК+флавобактерин	16	9	149	149
^{15}N З ОРК+биоплант				

Примечание: 1 - разностный метод; 2 - разностный метод с использованием ^{15}N

Имеются сведения о том, что бинарная инокуляция семян биопрепаратами обеспечивает более высокую эффективность по сравнению с отдельным их использованием [Кожемяков, Хотянович, 1997]. Изучение действия бинарной инокуляции половинными дозами биопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы и использование азота удобрений проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (опыт 4). Обработка семян ризоагрином и экстраасолом, как без внесения так и на фоне азотного удобрения увеличивала зерновую продуктивность яровой пшеницы по сравнению с фоном РК. Наиболее эффективна была совместная инокуляция семян половинными дозами биопрепаратов и одним ризоагрином на фоне азотного удобрения. Ризоагрин давал прибавку урожая равноценную N45, а при совместном применении с минеральным азотом превосходил её (табл. 4.16).

Применение биопрепаратов и азотного удобрения увеличило сбор соломы яровой пшеницы по сравнению с РК-фоном. На фоне с азотным удобрением инокулянты так же повысили массу соломы, которая была равноценна или превосходила внесение N90. Во всех случаях содержание N в зерне было одинаковым, только при увеличении дозы до N90 имело место возрастание его концентрации (табл. 4.16). Применение биопрепаратов практически не изменяло концентрацию азота в соломе по сравнению с РК-фоном. Ризоагрин и экстраасол на фоне N45, а так же инокуляция семян смесью пре-

паратов на РК-фоне незначительно увеличили содержание N в побочной продукции.

Таблица 4.16. Продуктивность яровой пшеницы сорта Энита и содержание азота в зависимости от инокуляции, среднее за 3 года.

Вариант	Масса, г/сосуд		Содержание азота, %	
	зерно	солома	зерно	солома
Р40К90	13,3	18,0	2,11	0,97
РК+N45	19,4	26,8	2,09	0,99
РК+ризоагрин(РА)	19,3	22,8	2,06	0,94
РК+экстрасол(ЭС)	17,8	23,7	2,11	0,97
РК+1/2РА+1/2ЭС	17,1	23,8	2,06	1,01
РК+М45+ризоагрин	23,3	31,1	1,96	1,07
РК+№5+экстрасол	21,0	29,0	2,08	1,12
РК+N45+1/2РА+1/2ЭС	24,7	31,7	2,09	1,10
РК+N90	25,4	29,7	2,18	1,05
НСР ₀₅	3,5	4,1		
Р, %	5,9	2,6		

Таблица 4.17. Использование азота яровой пшеницей на дерново-подзолистой почве, среднее за 1993-1995 гг.

Вариант	Вынос N урожая, мг/сосуд	Вынос N из удобрения		"Экстра" азот		Биологический азот	
		мг/сосуд	%	мг/сосуд	%	мг/сосуд	%
Р40К90-фон1	449	-	-	-	-	-	-
РК+Ш5-фон2	662	75	11	138	21	-	-
РК+ризоагрин(РА)	598	-	-	-	-	149	25
РК+экстрасол(ЭС)	592	-	-	-	-	143	24
РК+1/2РА+1/2ЭС	579	-	-	-	-	130	22
РК+№5+ризоагрин	795	64	8	138	17	144	18
РК+Ж5+экстрасол	754	83	11	138	18	84	11
РК+N45+1/2РА+1/2ЭС	827	66	8	138	17	174	21
РК+N90	884	118	14	281	33	-	-

Вынос азота зерном и соломой яровой пшеницы возрастал за счет инокуляции семян биопрепаратами (табл. 4.17). На азотном фоне действие биопрепаратов на вынос N урожая было более значимо и превосходило N45, а

действие совместного применения двух препаратов приближалось к варианту N90.

При применении биопрепаратов на фоне без N-удобрения за счет возможной биологической азотфиксации потребность растений в азоте удовлетворялась на 22-25%. При использовании минерального N-удобрения и биопрепаратов ассоциативных микроорганизмов доля условно биологического азота в общем накоплении его в урожае составила 11% по экстразолу, 18% - ризоаггину и 21% при бинарной инокуляции. Применение биопрепаратов ассоциативных азотфиксаторов во всех случаях обеспечило накопление в растениях такого же или большего количества условно биологического азота, в сравнении с азотом удобрений.

С увеличением дозы с N45 до N90 в урожае возрастала доля "экстра" азота с 21% до 33%. При применении биопрепаратов доля "экстра" азота в формировании урожая была 17-18%.

Проведена оценка новых биопрепаратов на основе *Pseudomonas* штамма 2137 и 2184 и мобилин на кукурузе и использования растениями азота (опыт 5). Обработка семян этими биопрепаратами увеличила сухую массу одного растения в среднем на 39%, что эквивалентно внесению под кукурузу N60. На фоне с внесением азотного удобрения существенного увеличения сухой массы растений от биопрепаратов не происходило (табл. 4.18).

В результате увеличения продуктивности за счет инокуляции содержание азота в сухой массе кукурузы снижалось на фоне РК, а на фоне NPK биопрепараты увеличили концентрацию азота (табл. 4.18), поскольку в почве было достаточно минеральных форм этого элемента.

В результате увеличения от биопрепаратов сухой биомассы на фоне РК и повышения концентрации азота в растениях на фоне NPK, накопление этого элемента в растениях кукурузы возросло как на фоне без азотного удобрения, так и при его внесении (табл. 4.19).

С использованием ^{15}N выявлено, что основная роль в формировании урожая кукурузы принадлежала азоту почвы. На фоне без внесения N-удобрения при инокуляции семян азот почвы составил 79-86%. За счет инокулянтов доля биологического азота в урожае была 14-21%, при этом больше условно биологического азота получено по штамму 2184, штамм 2137 и мобилин в этом отношении равноценны (14%).

При внесении азотного удобрения в растениях накапливалось от 0,14 до 0,31 г ^{15}N . Если принять 0,14 г азота на 1 растение за единицу при внесении под кукурузу азотного удобрения, то при инокуляции семян эта величина возросла: по штамму 2137 до 1,71, по штамму 2184 до 1,64, по мобилину до

2,33. То есть биопрепараты способствуют повышению использования растениями азота удобрений в 1,77 - 2,33 раза. Это подтверждает данные полевого опыта, в частности при инокуляции семян мобилином [Контагора, 2002].

Таблица 4.18. Влияние биопрепаратов на массу растений кукурузы и содержание в ней азота

Вариант	Сухая масса 1 растения, г			Содержание N, % на сухое вещество		
	1999 г.	2000 г.	Средняя	1999 г.	2000 г.	средняя
P45K60	90	98	94	1,70	0,86	1,28
PK+Л. шт. 2137	110	145	128	1,50	0,70	1,10
PK+Ps. шт. 2184	144	123	134	1,54	0,74	1,14
PK+мобилин	125	134	130	1,49	0,67	1,08
N60PK	117	145	131	1,78	0,61	1,19
N60PK+PS. ППТ. 2137	102	155	128	1,90	0,88	1,39
N60PK+PS. шт. 2184	127	122	124	1,62	1,06	1,53
ИБОРК+мобилин	149	124	136	1,90	0,94	1,42
N90PK	149	149	149	1,66	0,79	1,22

При внесении под кукурузу N60 количество "экстра" азота составило 0,22 г/растение. Если принять это количество и При использовании биопрепаратов, тогда условно биологический азот, участвующий в формировании урожайности, определенный по разностному методу с ^{15}N , при использовании биопрепаратов составит от 0,13 до 0,25 г/растение или 8-13% от общего содержания. Максимальное количество биологического азота, определенное этим методом получено по штамму 2184. Абсолютные размеры биологического азота, определенные обоими методами, были примерно равны (табл. 4.19).

В микрополевом опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (опыт 6) изучали роль ризоагрина в использовании яровой пшеницей биологического азота (табл. 4.20). В этом опыте при применении биопрепарата на фоне без внесения азотного удобрения отмечена тенденция увеличения надземной массы и зерна пшеницы и достоверный их рост при инокуляции на фоне с внесением азотного удобрения.

Изменений содержания азота в зерне и в соломе от инокуляции во всех случаях, практически, не происходило.

Вынос азота надземной массой яровой пшеницы при использовании ризоагрина возрос как на фоне с внесением азотного удобрения, так и без него. Использование разностного метода предполагает, что потребление куль-

турой N, фиксированного инокулянт, обуславливает повышение выноса этого элемента по сравнению с контролем без препарата.

Таблица 4.19. Доля различных источников азота в формировании урожая зеленой массы кукурузы, среднее за 2 года

Вариант	Всего	¹⁵ N	Почва	"Экстра"	Биологический	
					1*	2
					N в урожае, г/растение	
Р45К60 - фон 1	1,20	-	1,20	-	-	-
РК+Л.шт.2137	1,40	-	1,20	-	0,20	-
РК+А.шт.2184	1,52	-	1,20	-	0,32	-
РК+мобилин	1,40	-	1,20	-	0,20	-
N60PK - фон 2	1,56	0,14	1,20	0,22	-	-
N60PK+ft.UIT.2137	1,79	0,24	1,20	0,22	-	0,13
N60PK+ft .шт.2184	1,90	0,23	1,20	0,22	-	0,23
Ы60PK+мобилин	1,94	0,31	1,20	0,22	-	0,21
N90PK	1,82	-	1,20	-	-	-
доля источников азота в урожае, %						
Р45К60 - фон 1	100	-	100	-	-	-
РК+Л.шт.2137	100	-	86	-	14	-
РК+Л.шт.2184	100	-	79	-	21	-
РК+мобилин	100	-	86	-	14	-
N60PK - фон 2	100	9	77	14	-	-
N60PK+Fi .шт.2137	100	13	67	12	-	8
N60PK+PS.шт.2184	100	12	63	12	-	13
Ы60PK+мобилин	100	16	62	11	-	11
N90PK	100	-	-	-	-	-

*Примечание:1 - разностный метод; 2 - разностный с N

Таблица 4.20. Влияние ризоагрина на массу яровой пшеницы и содержание в растениях азота (микрорегиональный опыт №6).

Вариант	Масса, г/сосуд		Вынос N, мг/сосуд	Избыток ¹⁵ N в надземной массе	
	надземная	зерно		N, г/сосуд	ат. %
1. N0	15,5	7,3	169	0,5	0,241
2. Ризоагрин	16,9	8,9	191	0,5	0,115
3. N4,5	13,8	6,1	135	4,5	1,254
4. Ы4,5+ризоагрин	20,9	10,3	203	4,5	1,110

Использование меченой аммиачной селитры ($N_{4,4}$ и $N_{0,5}$ в двух повторностях опыта) дало возможность провести оценку методом изотопного разбавления. При его использовании признаком участия немеченого фиксированного азота в питании культуры служит меньшее обогащение N в инокулированных растениях. При обеих дозах азота наблюдалось снижение обогащения при использовании бактерий.

На фоне внесения $4,5 \text{ г N/m}^2$ наблюдается больший хозяйственный вынос азота при инокуляции и снижение обогащения потребленного N . Эти результаты могут подтверждать участие азота, фиксированного изучаемым штаммом, в питании культуры, но лишь при фактическом соблюдении допущений, на которых основан используемый метод.

Антагонистическое действие штамма 204 по отношению к фитопатогенным микроорганизмам пшеницы и его способность к выработке фитогормонов групп цитокининов и ауксинов [Клечковская, 1991, Леонова-Ерко, 2000] делают возможным стимулирующее его действие на растения с помощью какого-либо из этих механизмов. При этом наблюдаемое повышение хозяйственного выноса N может быть обусловлено дополнительным потреблением корнями растений азота почвы и азота удобрений.

Одновременно с проявившимся положительным действием инокуляции на надземную массу, очевидно, усиливалось и развитие корневой системы растений. В раннее проведенном исследовании увеличение надземной массы ячменя при использовании ризоагрина сопровождалось аналогичным действием на массу корней [Байрамов, 2000]. Более глубокое проникновение корней инокулированных растений могло усилить поглощение низкообогащенного N из подпахотного слоя почвы и, следовательно, снижение обогащения фитомассы. Кроме того, инокулированные растения могли более интенсивно потреблять низкообогащенный азот менее лабильных почвенных фракций. Однако, в целом, результаты опыта не противоречат гипотезе о вкладе N , фиксированного штаммом 204, в накопление этого элемента яровой пшеницей [Чистотин, 2000].

Таким образом, на среднеплодородной почве в урожае ячменя накапливается максимальная доля условно биологического азота. На низкоплодородной почве процесс азотфиксации затормаживается из-за недостатка субстрата для diaзотрофов. На плодородной почве при высоком содержании органического вещества для функционирования азотфиксирующей системы, кроме того, потребность растений в азоте удовлетворяется за счет текущей минерализации. Уровень содержания органического вещества в почве для деятельности азотфиксирующих микроорганизмов поддерживается внесени-

ем органических удобрений (солома, навоз) в слабокультуренную дерново-подзолистую почву, на фоне которых ризоагрин достоверно увеличивает продуктивность яровой пшеницы и долю биологического азота в формировании урожая.

На низко- и высокоплодородных почвах биопрепараты повышают использование растениями азота из удобрения и снижают неучтенные потери ^{15}N -удобрения на почвах со средним и высоким содержанием гумуса и увеличивают его закрепление в почве, а на низкоплодородной почве снижают закрепление азота в почве и увеличивают неучтенные потери. Биопрепараты не усиливают минерализацию азота из свежевнесенного органического вещества, однако при внесении азотного удобрения имеется тенденция к повышению усвоения его инокулированными растениями.

Выявлена сортовая специфика отзывчивости ячменя на использование растениями биологического азота: его доля в формировании урожая составляет 30-49% у сорта Риск и 14-24% у сорта Добрый. Больше условно биологического азота использовал ячмень при инокуляции семян ризоагрином и меньше биоплантом. Максимальная доля биологического азота, установленная разностным методом с использованием ^{15}N , получена по ризоагрину на сорте Риск (8%) и по флавобактерину на сорте Добрый (17%). Ризоагрин и флавобактерин увеличивали использование растениями азота удобрения на 7-8% сортом Риск и не изменяли его сортом Добрый, а биоплант снижал у сорта Добрый. Биоплант на обоих сортах повышал неучтенные потери азота удобрений.

В опыте с кукурузой показано, что инокуляция семян биопрепаратами повышает в 1,6-2,2 раза использование азота удобрений растениями.

Глава 5. Эффективность инокуляции под культуры, выращиваемые на радиоактивно-загрязненной супесчаной почве

5.1. Овес и ячмень

Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур во многом зависит от обеспеченности их элементами минерального питания. На легких песчаных почвах в первом минимуме находятся минеральные азотные соединения, доступные растениям [Белоус, 1997].

Интенсивные способы ведения сельскохозяйственного производства, ориентированные на применение высоких доз минеральных азотных удобрений, в условиях радиоактивного загрязнения местности повышают накопление цезия-137 в получаемой продукции [Воробьев, 1999, Белоус, 2000], вследствие чего она становится непригодной для использования на пищевые и кормовые цели по нормативам радиационной безопасности, диктуют необходимость более полно использовать биологический азот.

Для вовлечения биологического азота в агроценозы, снижения доз минеральных удобрений в зоне радиоактивного загрязнения в результате чернобыльской аварии возрос интерес к препаратам, созданным на основе высокоэффективных штаммов микроорганизмов [Воробьева, 1999, 2000, Моисеенко и др., 1999].

Исследования проводили на дерново-подзолистой песчаной почве с pH_{KCl} - 5,46-5,76, N_g - 1,9-2,08 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований - 2,95-3,05 мг-экв/100 г, содержание гумуса (по Тюрину) - 1,3-1,4%, общего азота - 0,06-0,08, подвижных форм фосфора (P_2O_5) (по Кирсанову) - 34,4-36,5 и обменного калия (K_2O) (по Кирсанову) - 8,3-9,6 мг/100 г. Активность почвы участка в опыте 2300-3000 Бк/кг, плотность загрязнения цезием-137 составляла 22 Ки/км², ИЛИ 814 кБк/м², что относится к 3 группе (15-40 Ки/км²). В Брянской области такой уровень загрязнения имеют 97,5 тыс. га, в том числе 55 тыс. га пашни и 42,5 тыс. га пастбищ (Воробьев, 1999). В Новозыбковском районе к третьей группе загрязнения на 1993 г. относилось 15 тыс. га, что в два раза меньше, чем было в 1989 г. Выбранный фон радиационного загрязнения в целом отражает региональные особенности территории.

Важным показателем, отражающим условия питания, служит продуктивность растений (табл.5.1). На продуктивность овса оказывали значительное влияние погодные условия, в благоприятные годы растения формировали более высокий урожай, чем в засушливый 1999 год, где на контрольном варианте урожайность составила лишь 0,5 ц/га.

Наибольший эффект от инокуляции семян овса diaзотрофными препаратами был на фоне Р60К90. Лучшими diaзотрофными препаратами

на овсе были флавобактерин и сочетание двух биопрепаратов (прибавка от них составляла 30-33%), ризоагрин увеличивал продуктивность овса лишь на контрольном и фосфорно-калийном фонах, при внесении минерального азота действие ризоагрина не отмечалось.

Таблица 5.1. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на урожайность зерна овса, ц/га

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Средняя	Ср.прибавка	
						ц/га	%
1.Контроль - Ф1	12,3	16,4	10,6	0,5	10,0	-	-
2.Ф1 + РА	16,4	16,8	12,2	0,8	11,6	1,6	16
3.Ф1 + ФБ	17,3	17,4	12,7	1,0	12,1	2,1	21
4.Ф1 + РА + ФБ	17,2	17,2	11,1	0,8	11,6	1,6	16
5.Р60К90 - Ф2	12,3	17,3	12,6	0,8	10,7	-	-
6.Ф2 + РА	16,2	18,9	13,0	0,6	12,2	1,5	15
7.Ф2 + ФБ	21,0	19,0	14,1	0,9	13,7	3,0	30
8.Ф2 + РА + ФБ	23,3	17,8	13,9	1,1	14,0	3,3	33
9.Н45Р60К90 - Ф3	18,6	25,4	18,3	0,8	15,8	-	-
10.Ф3 + РА	15,8	27,5	17,2	0,8	15,3	-0,5	-5
11.Ф3 + ФБ	25,9	24,9	17,4	1,2	17,3	1,5	15
12.Ф3 + РА + ФБ	29,3	23,0	17,2	1,0	17,6	1,8	18
15.Н90Р60К90 - Ф4	19,6	25,5	19,2	0,8	16,3	-	-
14.Ф4 + РА	18,8	23,5	18,5	1,0	15,9	-0,4	-4
15.Ф4 + ФБ	23,1	26,7	19,9	1,3	17,7	1,4	14
16.Ф4 + РА + ФБ	28,6	24,8	18,7	1,2	18,3	2,0	20
Р,%	4,1	1,7	3,2	5,0			
НСР ₀₅	2,3	1,1	1,4	0,4			

Фосфорно-калийные удобрения на величину урожая зерна овса практически не влияли (средняя прибавка за 4 года составила 0,7 ц/га). Азотные удобрения в дозе 45 кг/га повышали урожайность в среднем за 4 года на 5,1 ц/га, в дозе 90 кг/га - на 5,6 ц/га, то есть доза азота в 90 кг/га была неэффективной. Прибавка от N45 была значительно выше, чем от биопрепаратов.

Применение азотного удобрения увеличивало сбор побочной продукции овса по сравнению с контрольным фоном. Важным фактором, влияющим на сбор побочной продукции, являются погодные условия вегетационного периода. В более благоприятные годы сбор соломы выше, чем в неблагоприятный год (1999). Изучение влияния ассоциативных diaзотрофов на сбор соломы овса выявило те же тенденции, что и в формировании зерна. Действие флавобактерина и сочетание биопрепаратов на сбор соломы было выше, чем одного ризоагрина.

Диазотрофные препараты и минеральные удобрения равноценно влияли на формирование в биологическом урожае овса доли зерна. Хозяйственный коэффициент от биопрепаратов и минеральных удобрений снижался с 24,8 до 18,9%.

Эффект от инокуляции семян ячменя диазотрофными препаратами присутствовал на всех вариантах (табл.5.2). Действие ризоагрина и флавобактерина на разных фонах удобренности было идентично, сочетание биопрепаратов дало лучший результат на всех фонах удобрений (прибавка от сочетания биопрепаратов в среднем за 4 года достигала 69%, а в 1996 году - 361%). Фосфорно-калийные удобрения не влияли на урожайность зерна ячменя.

Таблица 5.2. Влияние инокулянтов и минеральных удобрений на урожайность зерна ячменя, ц/га

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	Средняя	Ср.прибавка	
						ц/га	%
1.Контроль - Ф1	5,7	8,3	8,6	1,4	6,1	-	-
2.Ф1 + РА	5,5	11,2	9,4	1,0	7,2	1,1	1,1
3.Ф1 + ФБ	5,6	11,3	8,4	3,4	7,7	1,6	1,6
4.Ф1 + РА + ФБ	7,8	13,6	9,6	1,2	8,1	2,0	2,0
5.Р60К90 - Ф2	5,7	11,2	9,1	1,0	6,7	-	-
6.Ф2 + РА	5,6	13,1	12,5	1,0	8,1	1,4	1,4
7.Ф2 + ФБ	5,6	14,9	9,0	1,9	7,9	1,2	1,2
8.Ф2 + РА + ФБ	15,7	13,4	11,4	2,0	10,6	3,9	3,9
9.Н45Р60К90 - Ф3	5,4	18,9	14,8	1,6	10,2	-	-
10.Ф3 + РА	5,7	26,0	14,0	0,8	11,6	1,4	1,4
11.Ф3 + ФБ	5,8	25,5	14,0	2,1	11,8	1,6	1,6
12.Ф3 + РА + ФБ	20,6	22,2	16,3	2,2	15,3	4,1	4,1
15.Н90Р60К90 - Ф4	4,1	19,7	15,1	1,7	10,1	-	-
14.Ф4 + РА	9,4	22,5	15,1	0,9	12,0	1,9	1,9
15.Ф4 + ФБ	6,8	22,0	14,0	1,7	11,1	1,0	1,0
16.Ф4 + РА + ФБ	16,6	24,6	14,3	1,6	14,3	4,2	4,2
Р%	5,1	2,4	3,6	5,9			
НСР ₀₅	1,2	1,2	1,2	0,7			

Азотные удобрения в дозе 45 кг/га в среднем за 4 года исследований дали прибавку 3,5 ц/га, а в дозе 90 кг/га - 3,4 ц/га. Как и на овсе, так и на ячмене доза в 90 кг/га оказалась неэффективной. Прибавки от биопрепаратов на ячмене оказались сопоставимы и даже больше по сравнению с прибавками от азота в дозе 45 кг/га.

Сбор побочной продукции ячменя увеличивался как за счет минеральных удобрений, так и за счет ассоциативных диазотрофов.

Действие diaзотрофов на урожайность соломы было идентично их влиянию на урожайность зерна ячменя, сочетание биопрепаратов увеличивало урожай соломы на одном уровне с минеральным азотом, ризоагрин и флавобактерин несколько ниже.

Минеральные удобрения и ассоциативные diaзотрофы, несколько снижали долю зерна в общебиологическом урожае ячменя.

Исследования показателей качества зерна овса выявили, что содержание сырого белка в зерне овса больше зависело от азотного удобрения (увеличение 0,36-0,69%), чем от diaзотрофных препаратов (табл. 5.3).

Таблица 5.3. Влияние ризоагрина, флавобактерина и минеральных удобрений на содержание белка в зерне овса

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее
1.Контроль - Ф1	7,03	9,06	8,54	8,21
2.Ф1 + РА	7,15	8,66	9,00	8,27
3.Ф1 + ФБ	7,25	8,66	8,60	8,17
4.Ф1 + РА + ФБ	7,47	8,95	8,66	8,36
5.Р60К90 - Ф2	7,14	9,06	8,25	8,15
6.Ф2 + РА	7,25	9,46	8,13	8,28
7.Ф2 + ФБ	7,47	9,29	8,36	8,37
8.Ф2 + РА + ФБ	7,39	9,23	8,13	8,25
9.Н45Р60К90 - Ф3	7,81	9,23	8,66	8,57
10.Ф3 + РА	8,05	9,23	8,36	8,55
11.Ф3 + ФБ	7,95	9,01	8,42	8,46
12.Ф3 + РА + ФБ	7,90	8,66	9,24	8,60
15.Н90Р60К90 - Ф4	8,36	10,15	9,19	8,90
14Ф4 + РА	8,22	9,75	8,01	8,66
15.Ф4 + ФБ	8,56	9,52	8,07	8,72
16.Ф4 + РА + ФБ	8,57	9,52	8,95	9,01

Вместе с тем, при инокуляции семян биопрепаратами на всех фонах удобрённости присутствовала устойчивая тенденция к увеличению содержания белка в зерне овса. При внесении минеральных удобрений аналогичная тенденция сохранялась.

Важным показателем в зоне радиоактивного загрязнения является содержание цезия-137 в зерновой продукции (табл.5.4). Содержание цезия в зерне овса на контрольном варианте в среднем за 3 года было ниже санитарных норм (СанПиН-96=80 Бк/кг). Внесение минеральных удобрений давало тенденцию к повышению содержания цезия в зерне овса, биопрепараты при отдельном применении также незначительно

повышали содержание цезия, а совместное использование diaзотрофных препаратов существенно увеличивало содержание цезия на фонах: контрольном, N45P60K90 и на фоне N90P60K90. На фоне P60K90 калий нивелировал отрицательное действие азота и смеси препаратов.

Таблица 5.4. Накопление в зерне овса ¹³⁷Cs, Бк/кг

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее	Изменение к	
					контролю	Фону
1.Контроль - Ф1	64,3	61,8	82,8	69,6	-	-
2.Ф1 + РА	69,7	66,6	91,6	76,0	6,4	6,4
3.Ф1 +ФБ	78,4	81,5	90,2	83,4	13,8	13,8
4.Ф1 +РА + ФБ	98,3	102,1	112,1	104,2	34,6	34,6
5.P60K90 - Ф2	85,2	56,5	86,0	75,9	6,3	-
6.Ф2 + РА	63,6	45,6	98,2	69,1	-0,5	-6,8
7.Ф2 + ФБ	76,1	56,9	112,1	81,7	12,1	5,8
8.Ф2 + РА + ФБ	68,1	84,1	120,5	90,9	21,3	15,0
9.N45P60K90 - Ф3	70,8	88,0	98,8	69,0	-0,9	-
10.Ф3 + РА	91,8	66,0	72,4	76,7	7,1	7,7
11.Ф3 + ФБ	66,8	74,5	77,7	73,0	3,4	4,0
12.Ф3 + РА + ФБ	100,8	113,4	136,4	116,9	47,3	47,9
15.N90P60K90 - Ф4	97,4	76,3	123,8	99,2	29,6	-
14.Ф4 + РА	92,1	86,1	127,8	102,0	32,4	2,8
15.Ф4 + ФБ	93,2	88,9	108,4	96,5	26,9	-2,7
16.Ф4 + РА + ФБ	116,2	125,3	147,2	129,6	60,0	30,4

Важным показателем качества ячменя является содержание белка в зерне, поскольку оно может применяться как на кормовые цели, так и для производства пива. Содержание сырого белка в зерне ячменя существенно не изменялось от инокуляции семенного материала биопрепаратами (табл. 5.5). При внесении минерального азота отмечалось большее увеличение белка в зерне ячменя (от дозы N45 на 0,36%, от N90 на 0,74%)

Содержание цезия-137 в зерне ячменя во все годы исследований было ниже, чем в зерне овса и ниже санитарных норм (СанПиН-96, 80 Бк/кг) (табл. 5.6), внесение минеральных удобрений, так же как и инокуляция diaзотрофными препаратами обеспечивало тенденцию к увеличению содержания цезия-137 в зерне.

Достоверное увеличение (на 32,7Бк/кг) содержания цезия в зерне ячменя за счет несимбиотических азотфиксаторов получено лишь при сочетании биопрепаратов на фоне с внесением двойной дозы азота (N90P60K90) и несущественно превышало санитарные нормы (на 4,6 Бк/кг).

Ячмень за счет биологических особенностей накапливает мало цезия, поэтому действие как минерального азота, так и биологического было незначительным и оно наблюдалось только в 1998 г. от биопрепаратов на фоне азотного удобрения.

Таблица 5.5. Содержание в зерне ячменя сырого белка при использовании биопрепаратов и минеральных удобрений, %

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее
1.Контроль - Ф1	7,45	10,52	10,41	9,46
2.Ф1 + РА	7,54	10,74	10,46	9,58
3.Ф1 + ФБ	7,60	10,61	10,51	9,58
4.Ф1 +РА + ФБ	7,50	10,65	11,05	9,73
5.Р60К90 - Ф2	7,09	10,42	10,26	9,26
6.Ф2 + РА	7,34	10,51	10,51	9,45
7.Ф2 + ФБ	7,66	10,34	10,72	9,57
8.Ф2 + РА + ФБ	7,36	10,61	10,46	9,48
9.Н45Р60К90 - Ф3	8,05	10,87	10,58	9,82
10.Ф3 + РА	8,01	10,80	10,65	9,82
11.Ф3 + ФБ	8,07	10,85	10,72	9,88
12.Ф3 + РА + ФБ	8,02	10,75	10,46	9,74
15.Н90Р60К90 - Ф4	8,22	11,13	10,72	10,10
14.Ф4 + РА	8,36	11,20	10,65	10,07
15.Ф4 + ФБ	8,39	11,35	10,72	10,15
16.Ф4 + РА + ФБ	8,50	11,39	10,72	10,20

Вынос азота урожаем овса увеличивался как от минерального удобрения, так и от биопрепаратов и колебался от 33,6 до 94,7 кг/га, на фонах с внесением минерального азота влияние биопрепаратов на вынос элементов питания снижалось.

Вынос фосфора продукцией овса также увеличивался и от минерального удобрений, и от ассоциативных препаратов и был в пределах 31,2 - 70,0 кг/га.

Влияние минерального удобрения и diaзотрофных препаратов также отмечалось на выносе калия, он возрастал от 49,8 до 127,3 кг/га. Увеличение выноса элементов питания было связано с повышением урожая зерна и соломы.

Коэффициент использования азотного удобрения в разные годы изменялся, на фоне с внесением минерального азота в дозе 45 кг/га коэффициент его использования был выше, чем при внесении двойной дозы минерального азота (табл.5.7).

Исходя из этого, можно отметить, что внесение двойной дозы азота (N90) было неэффективным из-за засухи в период вегетации.

Таблица 5.6. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на содержание ^{137}Cs в зерне ячменя, Бк/кг

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее	Изменение к	
					контролю	фону
1.Контроль - Ф1	29,3	31,2	81,8	47,4	-	-
2.Ф1 + РА	34,5	36,4	75,2	48,7	1,3	1,3
3.Ф1 + ФБ	33,4	31,2	58,2	40,9	-6,5	-6,5
4.Ф1 + РА + ФБ	41,2	38,7	68,0	49,3	1,9	1,9
5.Р60К90 - Ф2	31,3	42,4	73,6	49,1	1,7	-
6.Ф2 + РА	30,1	33,0	81,3	48,1	0,7	-1,0
7.Ф2 + ФБ	31,3	33,2	72,9	45,8	-1,6	-3,3
8.Ф2 + РА + ФБ	28,8	32,2	96,7	52,6	5,2	3,5
9.N45P60K90 - Ф3	28,8	35,6	59,8	51,0	3,6	-
10.Ф3 + РА	36,5	38,3	81,5	52,1	4,7	1,1
11.Ф3 + ФБ	31,7	34,2	71,4	45,8	-1,6	-5,2
12.Ф3 + РА + ФБ	40,0	34,8	102,6	59,1	11,7	8,1
15.N90P60K90 - Ф4	35,1	45,3	75,2	51,9	4,5	-
14.Ф4 + РА	35,7	42,1	103,0	60,3	12,9	8,4
15.Ф4 + ФБ	38,2	49,8	114,8	67,6	20,2	15,7
16.Ф4 + РА + ФБ	49,9	66,0	137,8	84,6	37,2	32,7

Таблица 5.7. Коэффициент использования азотных удобрений овсом, %

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее
N45P60K90	50,7	57,1	45,6	51,1
N90P60K90	42,7	56,3	37,2	45,4

Количество использованного биологического азота в годы исследований было различным и зависело от условий увлажнения периода вегетации. Количество дополнительно усвоенного азота овсом зависит от штамма азотфиксатора, их сочетания, фона удобренности, дозы внесенного минерального азота и погодных условий. Максимальное количество биологического азота усвоено растениями по ризоагрину, флавобактерину и по смеси на контроле - 11,5-17,5 кг/га и на фосфорно-калийном фоне - 10,2-20,7 кг/га. Внесение минерального азота снизило количество фиксированного азота.

Наибольшее влияние на количество азота, фиксированного ризосферными микроорганизмами, оказывают погодные условия. Так, в

1996 г., когда в период интенсивного роста растений создались благоприятные условия, фиксировалось наибольшее количество азота - до 44,5 кг/га, в другие годы, когда условия были менее благоприятными, количество биологического азота было меньше.

Показателем, характеризующим распределение азота между вегетативными и репродуктивными органами растений, является азотный индекс, который на контрольном варианте составлял 0,36. Инокуляция семян биопрепаратами и внесение минеральных удобрений давали устойчивую тенденцию к снижению азотного индекса (табл.5.8).

Таблица 5.8. Накопление в урожае овса дополнительного азота и азотный индекс

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее	
	дополнительный азот, кг/га			N-индекс	
1. Без удобрений- Ф1	-	-	-	-	0,36
2. Ф1 + РА	15,9	7,9	10,7	11,5	0,32
3. Ф1 + ФБ	18,2	11,8	12,5	14,2	0,32
4. Ф1 + РА + ФБ	23,6	20,3	8,7	17,5	0,31
5. Р60К90 - Ф2	-	-	-	-	0,33
6. Ф2 + РА	19,4	9,7	1,4	10,2	0,31
7. Ф2 + ФБ	32,9	13,5	5,9	17,4	0,31
8. Ф2 + РА + ФБ	44,5	10,8	6,8	20,7	0,30
9. N45P60K90 - Ф3	-	-	-	-	0,32
10. Ф3 + РА	0,4	11,9	0,5	4,3	0,31
11. Ф3 + ФБ	19,5	7,4	1,9	9,6	0,31
12. Ф3 + РА + ФБ	32,5	4,0	1,5	12,7	0,31
12. N90P60K90 - Ф4	-	-	-	-	0,28
14. Ф4 + РА	1,4	4,0	0,8	2,1	0,29
15. Ф4 + ФБ	6,4	4,1	4,9	5,1	0,29
16. Ф4 + РА + ФБ	18,6	12,2	4,1	11,6	0,28

Таблица 5.9. Коэффициент использования азотного удобрения ячменем, %

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Средний
N45P60K90	2,0	62,4	57,1	40,5
N90P60K90	0,1	52,2	39,9	30,7

Действие ассоциативных diaзотрофов и минерального удобрения на вынос элементов питания ячменем было идентично действию на овсе, он возрастал при применении биопрепаратов и минеральных удобрений:

азота от 24,2 до 75,1 кг/га, фосфора от 14,1 до 44,3 кг/га, калия от 28,8 до 89,0 кг/га.

Коэффициент использования азотного удобрения ячменем при дозе N45 был выше, чем при дозе N90, внесение двойной дозы минерального азота (N90) было менее эффективно.

Количество усвоенного ячменем дополнительного азота в годы исследований изменялось в зависимости от погодных условий, максимальным оно было на фоне N45P60K90 и колебалось от 10,3 до 24,1 кг/га (табл.5.10).

Таблица 5.10. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на накопление в урожае ячменя дополнительного азота и азотный индекс

Вариант	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Среднее	
	дополнительный азот, кг/га				N-индекс
1. Контроль - Ф1	-	-	-	-	0,34
2. Ф1 +РА	0,7	15,5	6,6	7,6	0,32
3. Ф1 +ФБ	1,7	17,7	4,2	7,9	0,31
4. Ф1 +РА + ФБ	10,6	22,2	9,6	14,1	0,31
5. P60K90 - Ф2	-	-	-	-	0,31
6. Ф2 + РА	0,3	9,2	12,9	7,5	0,30
7. Ф2 + ФБ	1,3	17,5	5,5	8,5	0,30
8. Ф2 + РА + ФБ	24,2	14,7	13,1	17,3	0,31
9. N45P60K90 - Ф3	-	-	-	-	0,31
10. Ф3 + РА	5,4	24,5	0,9	10,3	0,30
11. Ф3 + ФБ	5,8	24,5	1,3	10,5	0,30
12. Ф3 + РА + ФБ	43,9	22,2	6,2	24,1	0,31
12. N90P60K90 - Ф4	-	-	-	-	0,28
14. Ф4 + РА	21,1	17,7	0,7	13,2	0,27
15. Ф4 + ФБ	11,4	16,5	1,0	9,6	0,27
16. Ф4 + РА + ФБ	38,4	9,8	0,9	16,4	0,30

Максимальное количество дополнительного азота в урожае ячменя получено при бинарном сочетании биопрепаратов. Поступление биологического азота в значительной мере зависит от погодных условий, в условиях дефицита влаги накопление биологического азота было наименьшим.

Влияние биопрепаратов на величину азотного индекса ячменя не получено хотя была тенденция к его снижению при внесении минерального азота в дозе 90 кг/га (табл.5.10).

5.2. Желтый люпин

В полевом опыте в Брянской области на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве [Нестеров, 2000] при благоприятных погодных условиях вегетационного периода инокуляция семян желтого люпина клубеньковыми бактериями обеспечивала достоверное увеличение сбора зеленой массы и семян при посеве культуры на фоне без внесения РК- удобрений (табл. 5.11).

Таблица 5.11. Влияние биопрепаратов на урожайность зеленой массы и семян желтого люпина, т/га

Вариант	Зеленая масса		Семена	
	1997 г.	1998 г.	1997 г.	1998 г.
Без удобрений - Ф1	35,5	14,4	1,99	0,51
Ф1+шт.363а	38,7	16,9	2,53	0,63
Ф1+шт.367а	40,1	14,8	2,31	0,60
Ф1+шт.375а	45,4	16,2	2,51	0,45
Ф1+мизорин	40,5	14,5	1,99	0,44
Ф1+шт.363а+мизорин	42,0	14,4	2,57	0,44
Ф1+шт.367а+мизорин	44,1	13,0	2,74	0,56
Ф1+шт.375а+мизорин	45,7	21,9	2,67	0,54
Р60К90 - Ф2	37,2	11,8	2,11	0,54
Ф2+шт.363а	46,2	15,3	2,56	0,46
Ф2+шт.367а	51,6	18,2	2,40	0,44
Ф2+шт.375а	50,5	16,2	2,70	0,46
Ф2+мизорин	46,6	15,8	2,56	0,50
Ф2+шт.363а+мизорин	47,4	16,1	2,45	0,46
Ф2+шт.367а+мизорин	44,4	14,4	2,69	0,46
Ф2+шт.375а+мизорин	45,4	18,5	2,89	0,54
Р, %	4,2	2,3	3,7	2,3
НСР _{0,5}	3,7	1,0	0,10	0,14

На том же фоне бинарная инокуляция штаммами 363а и 367а совместно с мизорином увеличивало продуктивность люпина. Внесение под люпин РК-удобрений повышало сбор зеленой массы и семян люпина, посев на этом фоне инокулированными семенами (все ризобияльные штаммы и мизорин) обеспечивало рост урожайности культуры. При использовании ризобияльного и ризосферного препаратов изменений продуктивности люпина по сравнению с одинарной инокуляцией не происходило, то есть, действие двух различных диазотифов проявляется только без внесения под люпин фосфорного и калийного удобрений. Наиболее эффективными под люпин для условий песчаных почв являются

ризобиальные штаммы 367а и 375а, как на фоне без удобрений, так и при их внесении. На фоне без удобрений положительно проявляется эффективность бинарной инокуляции штаммом 375а+мизорин.

В неблагоприятный по погодным условиям год инокуляция семян ризобиальными препаратами проявилась только на сборе зеленой массы, при этом наиболее эффективными были штаммы 363а и 375а, при бинарной инокуляции штаммом 375а+мизорин получен максимальный сбор зеленой массы люпина- 21,9 т/га. При недостатке атмосферных осадков инокулянты не влияли на семенную продуктивность люпина.

В благоприятный для люпина год возрастание сбора соломы происходило при улучшении фосфорного и калийного питания растений, а также при инокуляции семян штаммом 363а и при сочетании ризобиального и ассоциативного препаратов. На фоне без удобрений положительных эффект отмечается от всех изучаемых штаммов, на фоне РК- только при сочетании 367а+мизорин и 375а+мизорин. В неблагоприятный год условия минерального питания и изучаемые штаммы микроорганизмов не влияли на сбор соломы. Инокуляция семян в благоприятный год обеспечивает тенденцию к повышению в общебиологическом урожае доли семян.

При инокуляции семян бобовых растений в результате улучшения снабжения азотом происходит повышение содержания в урожае сырого белка [Посыпанов, 1993, Кашуков, 1997]. Приведенные выше данные по другим бобовыми культурам, как и по люпину [Такунов, 1996] относятся в основном для инокулянтов, полученных на основе ризобиальных штаммов.

Исследования действия инокуляции ризобиальными и ризосферными ассоциативными биопрепаратами показали, что содержание сырого белка в зеленой массе люпина, независимо от условий вегетационного периода, было относительно близким (табл. 5.12). На фоне без внесения фосфорного и калийного удобрений некоторое повышение белковости произошло от инокуляции штаммами 363а и 375а, от штамма 367а и мизорина роста белковости зеленой массы не получено. При бинарной инокуляции ризобиальным и ассоциативным микроорганизмами на фоне без удобрений содержание сырого белка по сравнению с контролем без инокуляции возрастало только от штамма 375а+мизорин. При внесении РК-удобрений в оба года в зеленой массе несколько возросло содержание белка, а от инокуляции имела место тенденция к его повышению при использовании ризобиальных и ассоциативного штаммов.

Содержание фосфора в сухой зеленой массе люпина без внесения одноименного удобрения было практически равнозначным при всех

формах инокулянтов и составляло 0,34-0,40 %. При внесении фосфорного удобрения в зеленой массе несколько возросло содержание фосфора, причем инокулянты не оказывали существенного воздействия на его концентрацию в растениях (табл. 5.12).

Наряду с содержанием фосфора, в минеральный состав люпина входят ряд других элементов, среди которых значительную долю в составе золы занимают макроэлементы калий, кальций и магний (табл. 5.12). Содержание калия в зеленой массе люпина составляет от 1,00 до 1,29 %. Его концентрация мало зависела от видов инокулянтов, однако несколько возросла при внесении под люпин калийного удобрения.

Таблица 5.12. Влияние биопрепаратов на содержание в зеленой массе люпина желтого сырого белка и фосфора, % на абсолютно сухое вещество. Среднее по двум опытам

Вариант	Срой белок	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mg
Без удобр,- Ф1	15,2	0,37	1,04	1,83	0,26
Ф1+шт.363а	16,6	0,38	0,99	1,79	0,25
Ф1+шт.367а	15,1	0,40	1,04	1,79	0,24
Ф1+шт.375а	16,3	0,40	1,04	1,75	0,26
Ф1+мизорин	14,1	0,36	0,97	1,73	0,26
Ф1 +шт.363а+мизорин	14,6	0,34	0,99	1,79	0,26
Ф1+шт.367а+мизорин	15,7	0,37	1,07	1,74	0,26
Ф1 +шт.375а+мизорин	16,6	0,38	1,09	1,79	0,27
Р60К90 - Ф2	15,9	0,47	1,26	1,72	0,26
Ф2+шт.363а	15,6	0,49	1,26	1,74	0,26
Ф2+шт.367а	15,8	0,48	1,15	1,77	0,26
Ф2+шт.375а	16,4	0,47	1,20	1,81	0,27
Ф2+мизорин	16,9	0,47	1,29	1,88	0,29
Ф2+шт.363а+мизорин	16,9	0,49	1,25	1,82	0,27
Ф2+шт.367а+мизорин	16,6	0,49	1,20	1,75	0,25
Ф2+шт.375а+мизорин	16,5	0,48	1,20	1,77	0,26

Содержание кальция и магния в зеленой массе люпина не зависело от условий минерального питания растений и составляло 1,70-1,90 % CaO и 0,25-0,28 % Mg.

Семена люпина может быть использовано как на корм скоту, так и в качестве посевного материала. За счет инокуляции (не зависимо от применяемых штаммов) в семенах люпина на фоне без внесения фосфорного и калийного удобрений наблюдалась слабая тенденция к снижению содержания сырого белка (табл. 4.13). На фоне внесения РК-

удобрений отмеченная выше тенденция сохранилась, однако при бинарной инокуляции штаммом 375a +мизорин имелась тенденция к возрастанию накопления сырого белка в семенах люпина.

В соломе люпина содержание основных элементов питания, в отличие от семян, в большей степени определялась внешними факторами. В частности, содержание азота в соломе на фоне без внесения фосфорного и калийного удобрений несколько возросло за счет инокуляции семян ризобияльными и ассоциативным штаммами микроорганизмами, на фоне внесения РК этой закономерности не отмечено. Содержание фосфора в соломе люпина в оптимальном году, практически, не изменялось от внешних условий. В неблагоприятном 1998 г. концентрация фосфора в соломе была больше, чем в оптимальном 1997 г. Она возросла при улучшении условий фосфорного питания растений, создаваемом за счет внесения под культуру одноименного удобрения.

Таблица 4.13. Содержание сырого белка, фосфора и калия в семенах люпина, % на воздушно сухое вещество. Среднее за два года

Вариант	Сырой белок	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобр,- Ф1	41,2	2,63	1,19
Ф1+шт.363а	38,9	2,58	1,21
Ф1+шт.367а	39,8	2,57	1,22
Ф1+шт.375а	38,0	2,72	1,17
Ф1+мизорин	38,1	2,62	1,19
Ф1 +шт.363а+мизорин	39,5	2,60	1,20
Ф1 +шт.367а+мизорин	39,7	2,59	1,20
Ф1 +шт.375а+мизорин	41,0	2,60	1,21
Р60К90 - Ф2	40,9	2,62	1,22
Ф2+шт.363а	37,6	2,59	1,22
Ф2+шт.367а	38,6	2,63	1,17
Ф2+шт.375а	40,7	2,62	1,21
Ф2+мизорин	39,6	2,54	1,19
Ф2+шт.363а+мизорин	40,0	2,66	1,21
Ф2+шт.367а+миЗорин	38,2	2,58	1,16
Ф2+шт.375а+мизорин	41,9	2,58	1,17

Содержание в соломе калия на фоне без внесения удобрений было идентичным в оба года исследований и не изменялось от инокуляции семян бактериальными препаратами. При внесении под люпин РК-удобрений концентрация в соломе калия возросла по сравнению с вариантом без удобрений. На удобренном фоне инокуляция семян всеми

исследуемыми препаратами не оказывала воздействия на накопление в соломе калия.

При выращивании сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных почвах, помимо учета основных показателей качества продукции, существенное значение придается накоплению в урожае радиоактивных элементов [Алексахин и др., 1992, Воробьев, 1999]. Было высказано мнение, что при инокуляции семян микробными препаратами происходит локализация радионуклидов в микробной массе и тем самым предотвращается их поступление в растения [Воробейков, 1998]. При этом положительный эффект инокуляции усиливается при использовании ризобияльных и ризосферных микроорганизмов.

В опыте, выполненном на радиационно загрязненной почве в результате Чернобыльской аварии установлено [Нестеров, 2000], что содержание цезия-137 в растительной массе люпина определялось уровнем урожайности, который в свою очередь зависела от погодных условий вегетационного периода, внесения под люпин фосфорного и калийного удобрений и применения биопрепаратов (табл. 5.14).

Таблица 5.14. Влияние биопрепаратов на накопление в ¹³⁷ Cs зеленой массе люпина

Вариант	Бк/кг, абс. сух. в-ва			Коэффициент накопления(КН)		
	1997г.	1998г.	среднее	1997г.	1998г.	среднее
Без удобр.- Ф1	1125	2650	1887	0,44	0,78	0,61
Ф1+шт.363а	1273	2039	1656	0,53	0,86	0,70
Ф1+шт.367а	1402	2243	1822	0,52	0,86	0,69
Ф1+шт.375а	1658	1991	1824	0,64	0,80	0,72
Ф1+мизорин	1985	2219	2102	0,77	0,85	0,81
Ф1+шт.363а+мизорин	1828	1731	1779	0,68	0,82	0,75
Ф1+шт.367а+мизорин	1455	2017	1736	0,50	0,80	0,65
Ф1+шт.375а+мизорин	1317	1892	1604	0,43	0,63	0,53
Р60К90 - Ф2	997	1793	1393	0,33	0,52	0,42
Ф2+шт.363а	693	1250	971	0,25	0,45	0,35
Ф2+шт.367а	1314	1441	1377	0,49	0,71	0,60
Ф2+шт.375а	1298	1288	1293	0,41	0,70	0,55
Ф2+мизорин	1116	1255	1185	0,35	0,60	0,47
Ф2+шт.363а+мизорин	1263	1500	1381	0,46	0,72	0,59
Ф2+шт.367а+мизорин	715	1240	977	0,28	0,46	0,37
Ф2+шт.375а+мизорин	1081	1549	1315	0,42	0,60	0,51

В зеленой массе люпина в год с неблагоприятным вегетационным периодом (1998) содержание радиоактивного цезия было существенно больше, чем в оптимальный год. Максимальное накопление радионуклида отмечено на фоне без удобрений, с применением РК-удобрений содержание цезия-137 снижалось. На фоне без внесения удобрений биопрепараты, кроме сочетания ризобияльного штамма 375a+мизорин, практически, не влияли на накопление радионуклида в зеленой массе. Как уже было отмечено, при сочетании штамма 375a+ мизорин снижалось накопление цезия-137 в зеленой массе, об этом также свидетельствует значение коэффициента накопления.

Использование для инокуляции отдельно ризобияльного штамма 363a, а также ассоциативного мизорин и при сочетании штамма 367a+мизорин на фоне внесения РК-удобрений в зеленой массе люпина снижаются содержание цезия-137 и коэффициент его накопления до 0,35-0,37. Вместе с тем, хотя и при инокуляции имеет место снижение накопления радионуклида в растениях, однако она не соответствует санитарным нормам для корма животным.

Таблица 5.15. Влияние биопрепаратов на накопление ¹³⁷ Cs в семенах

Вариант	Бк/кг абс. сух. в-ва			Коэффициент накопления (КН)		
	1997г.	1998г.	сред.	1997г.	1998г.	сред.
Без удобр.- Ф1	2265	1681	1973	0,89	0,49	0,69
Ф1+шт.363a	2360	1505	1932	0,99	0,63	0,81
Ф1+шт.367a	1971	1586	1778	0,73	0,61	0,67
Ф1+шт.375a	2150	1586	1868	0,83	0,64	0,73
Ф1+мизорин	2150	1680	1915	0,83	0,64	0,73
Ф1+шт.363a+мизорин	1864	1644	1754	0,70	0,68	0,69
Ф1+шт.367a+мизорин	1868	1751	1809	0,64	0,69	0,65
Ф1+шт.375a+мизорин	1593	1651	1622	0,50	0,52	0,51
Р60К90 - Ф2	1335	1704	1519	0,44	0,50	0,47
Ф2+шт.363a	1036	1650	1341	0,38	0,59	0,48
Ф2+шт.367a	1310	1441	1375	0,49	0,71	0,60
Ф2+шт.375a	1179	1487	1333	0,37	0,81	0,59
Ф2+мизорин	1226	1542	1384	0,38	0,74	0,56
Ф2+шт.363a+мизорин	1124	1517	1320	0,41	0,90	0,65
Ф2+шт.367a+мизорин	1216	1450	1333	0,48	0,54	0,51
Ф2+шт.375a+мизорин	1437	1542	1444	0,56	0,56	0,56

В семенах люпина отмечены примерно те же закономерности воздействия погодных условий вегетационного периода и уровня фосфорно-калийного питания на накопление цезия-137 что и в зеленой

массе, убранной в фазу сизого боба. Инокулянты, за исключением сочетания штамма 375a+мизорин, на фоне без удобрений существенно не влияли на накопление радионуклида в семенах. На фоне РК-удобрений допосевная инокуляция штаммом 363a и бинарная 367a+мизорин и 375a+мизорин снижала накопление цезия-137 в семенах люпина (табл.5.15).

В соломе люпина накопление цезия-137 было меньше при оптимальных условиях вегетационного периода и снижалось за счет улучшения условий фосфорно-калийного питания. Инокуляция семян на фоне без РК-удобрений штаммом 363a+мизорин и штаммом 367a+мизорин способствовала снижению накопления цезия -137 в соломе люпина. На фоне внесения РК-удобрений все изучаемые штаммы уменьшали накопление радиоцезия в соломе, в большей степени это было выражено при инокуляции посевного материала штаммом 363a и при сочетании мизорина с ризобияльными штаммами 363a и 367a.

Вынос с урожаем зеленой массы основных элементов минерального питания растений определялся погодными условиями вегетационного периода и применяемыми инокулянтами

На фоне без удобрений вынос азота повышался при использовании штамма 375a, как отдельно, так и в сочетании с мизорином, и при инокуляции штаммом 363a+мизорин. Максимальный вынос фосфора с урожаем зеленой массы отмечен при инокуляции семян ризобияльными штаммами, а также при сочетании 363a с мизорином. При инокуляции, в результате повышения продуктивности культуры, вынос калия с зеленой массой люпина также возрастал, при этом наибольшие значения получены по всем препаратам, бинарная инокуляция не имела существенных преимуществ по сравнению с одинарной.

Вынос азота урожаем семян и соломы на фоне без удобрений от инокуляции возрастал с 222 кг/га до 324 кг/га в оптимальный год и с 94 до 109 кг/га в неблагоприятный. Он несколько больше при использовании штамма 375a и при бинарной инокуляции штаммом 367a+мизорин и штаммом 375a+мизорин.

Применение для инокуляции штамма 363a и 367a как отдельно, так и совместно с мизорином на фоне без РК-удобрений в благоприятный год способствует возрастанию оттока азота из вегетативной массы в зерно, а на фоне с внесением фосфорного и калийного удобрений отмеченная выше тенденция имела место только при использовании штамма 375a+мизори.

Отчуждение с урожаем семян и соломы фосфора в благоприятный год составляет от 75 до 112 кг/га, в неблагоприятный от 26 до 39 кг/га,

калия соответственно от 132 - 222 и 70-93 кг/га. Вынос этих элементов повышается при внесении РК-удобрений, а также при инокуляции семян.

В благоприятный по метеоусловиям год от инокуляции ризобияльными штаммами имелась тенденция к повышению доли биологического азота в формировании урожая люпина желтого.

Количество биологического азота в урожае желтого люпина повышалось за счет инокуляции от 161 до 249 кг/га в благоприятный год и от 46 до 90 кг/га- в неблагоприятный. При использовании биопрепаратов на основе штамма 375а и 375а+ мизорин, не зависимо от РК-фона, в общем выносе азота урожаем зеленой массы количество фиксированного азота было максимальным.

С пожнивно-корневыми остатками желтого люпина поступление в почву фиксированного азота воздуха в благоприятный год достигает 94-133 кг/га и 51-70 кг/га в неблагоприятный. За счет инокуляции размеры дополнительного поступления биологического азота в почву на фоне без фосфорно-калийных удобрений в среднем за два года составили от 6 до 29 кг/га, наибольший рост получен от инокуляции штаммом 375а+ мизорин. На фоне Р60К90 увеличение к фону без инокуляции достигало в среднем за два года 5-16 кг/га, при этом наибольшее его поступление происходило при инокуляции штаммом 375а, мизорина и их совместного использования.

За счет инокуляции семян желтого люпина ризобияльным штаммом 375а или этим же штаммом совместно с мизорином после уборки на зеленую массу в почве остается в среднем за годы проведения опыта 90-100 кг/га (с колебаниями по годам от 60 до 130 кг/га) фиксированного азота воздуха.

Согласно нормативам затрат азота на получение 1 т зерна и коэффициента использования биологического азота последующей культурой это количество обеспечит получение дополнительного урожая зерна озимой ржи 0,6-0,8 т/га в первом и 0,9-1,0 т/га во втором случае [Нестеров, 2000].

Заключение

Создание устойчивого потенциала отечественного земледелия связано с освоением агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение заданного количества и качества растениеводческой продукции.

Это может быть достигнуто только при достаточном использовании необходимого количества ресурсов, среди которых значительная роль принадлежит снабжению растений элементами минерального питания. Это достигается за счет внесения минеральных и органических удобрений, запасов почвы и азота атмосферы.

Биопрепараты, изготовленные на основе ассоциативных ризосферных микроорганизмов, способны при обработке семян небобовых культур (озимая и яровая пшеница, озимая рожь, ячмень, овес, озимое тритикале, кукуруза, картофель) оказывать многофункциональное влияние на растения. Это открывает дополнительные резервы для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в результате использования положительного эффекта взаимодействия растений и микроорганизмов.

Микроорганизмы, входящие в состав биопрепаратов, положительно влияют на плевую всхожесть семян, что особенно важно при неблагоприятных погодных условиях.

Обработка семян биопрепаратами способствует более интенсивному накоплению биомассы растений, формированию фотоассимиляционного аппарата, улучшает минеральное питание растений, которое проявляется, как правило, в середине вегетации растений.

Микроорганизмы повышают устойчивость растений к фитопатогенам, а также увеличивают сохранность озимых зерновых культур за осенне-зимний период.

Выявлены особенности влияния обработки семян биопрепаратами на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от сорта и гибрида растений, ботанического состава посева, уровня плодородия почвы, погодных условий вегетационного периода, доз вносимых азотных и других видов минеральных удобрений.

На основании результатов полевых опытов с различными зерновыми и пропашными культурами выявлено положительное влияние биопрепаратов на урожайность и качество растениеводческой продукции. Урожайность полевых культур, как правило, возрастала по сравнению с фоном без обработки семян биопрепаратами, при этом действие их определялось почвенно-климатическими условиями. Эффективность биопрепаратов по влиянию на урожайность растениеводческой продукции эквивалентна внесению под культуры азотного удобрения в дозах 30-40 кг/га. Этот эф-

фekt проявляется, преимущественно на фоне без использования азотного удобрения, при его внесении положительное действие биопрепаратов зависит от почвенных условий и обеспеченности растений влагой.

Биопрепараты равноценно минеральным азотным удобрениям влияют на показатели качества зерна. Выявлены особенности действия биопрепаратов и минеральных удобрений на физиолого-агрохимические параметры, определяющие накопление белка в зерне, заключающиеся в изменении перераспределения азота между зерном и соломой.

В результате обработки семян биопрепаратами возрастает накопление азота и других зольных элементов в урожае сельскохозяйственных культур, происходящее в результате его увеличения и в меньшей степени за счет изменения концентрации элементов питания в основной и побочной продукции. Биопрепараты повышают использование растениями азота из минеральных удобрений.

Возрастание накопления азота в урожае происходит не только за счет азота почвы и вносимых азотных удобрений, но и за счет биологического азота, фиксированного ассоциативными микроорганизмами. Это подтверждается данными исследований с использованием стабильного изотопа ^{15}N , позволившими выявить роль различных источников азотного питания в формировании урожая и использовании растениями азота удобрений, оценить возможные размеры вовлечения в агроценоз биологического азота, фиксированного ассоциативными микроорганизмами при обработке семян биопрепаратами.

Расширены представления о трансформации азота минеральных удобрений (^{15}N) в системе почва-растения-атмосфера при интродукции в агроценоз ассоциативных микроорганизмов.

Биопрепараты комплексного действия, наряду с увеличением урожайности, могут снижать накопление радиоактивного цезия в растениеводческой продукции, причем положительное их действие проявляется при бинарном их сочетании различными препаратами.

Полученные экспериментальные данные составляют научную базу для использования биопрепаратов комплексного действия в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, что является дополнительным к минеральным удобрениям источником азота.

Использование в земледелии положительного эффекта взаимодействия микроорганизмов и растений имеет не только экономическое, но и экологическое значение, направленное на рациональное природопользование.

Литература

1. Азотфиксация в лесных биогеоценозах / Егорова С.В., Лаврова В.А., Петров-Спиридонов А.А., Калининская Т.А. М.: Наука, 1987. 149 с.
2. Азубеков Л.Х. Продуктивность кукурузы при использовании удобрений и флавобактерина на обыкновенном черноземе КБР: Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. С-Пб. Пушкин, 2001. 16с.
3. Азубеков Л.Х. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от удобрений и биопрепарата// Бюллетень ВИУА, № 113. М., 2000. С. 103-104.
4. Албегов Р.Б. Влияние минерального питания на продукционный процесс посевов кукурузы в предгорьях Северного Кавказа // Агрехимия. 1998. № 5. С. 43-50.
5. Алексахин Р.М., Васильев А.В. и др. Сельскохозяйственная радиоэкология. М.: Экология, 1992. 230 с.
6. Алметов Н.С. Применение средств химизации на дерново-слабоподзолистых почвах Республики Марий Эл. Йошкар Ола: МарГУ, 1997. 88 с.
7. Алметов Н.С., Бердников В.В., Волков Е.Г., Семенов П.Н. Эффективность использования ассоциативных азотфиксирующих биопрепаратов на посевах зерновых культур // Бюлл. ВИУА №114. М., 2001. С. 56.
8. Базилинская М.В. Использование биологического азота в земледелии. Обзорная информация. М., 1985. 55с
9. Байрамов Л.Э. Азотное питание и продуктивность ячменя при использовании биопрепаратов: Автореф. дис... канд. биол. наук. М.: ВИУА, 2000. 25 с.
- Ю.Белимов А.А., Кожемяков А.П. Смешанные культуры азотфиксирующих бактерий и перспективы их использования в земледелии // Сельскохозяйственная биология. 1992. №5. С. 77-87.
- И.Белимов А.А., Кунакова А.М., Груздева Е.В. Влияние рН почвы на взаимодействие ассоциативных бактерий с ячменем // Микробиология. 1998. Т. 67. №4. С. 561-568.
- 12.Белимов А.А., Кожемяков А.П., Поставская С.М., Хамова О.Ф. и др. Приживаемость и эффективность корневых diaзотрофов при инокуляции ячменя в зависимости от температуры и влажности почвы// Микробиология. 1994. № 5. с. 900-908.
- 13.Белоус Н.М. Повышение плодородия песчаных почв. М.: Колос, 1997. 191 с.
14. Белоус Н.М. Воспроизводство плодородия и реабилитация радиоактивно-загрязненных дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада России. Автореф. дис. док. с.-х. наук. М.:ВИУА, 2000. 51с.
- 15.Бердников В.В. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы в условиях республики Марий Эл: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Саранск: Мордовский ГУ, 2002. 16 с.
- 16.Бердников В.В. Эффективность биопрепаратов на посевах яровой пше-

- ницы // Бюлл. ВИУА №115. М., 2001. С. 117.
17. Берестецкий О.А., Васюк Л.Ф. Азотфиксирующая активность в ризосфере и на корнях небобовых растений // Известия АН СССР. Сер. Биол. 1983. №6. С. 1-44.
 18. Берестецкий О.А., Васюк Л.Ф., Элисашвили Т.А. Эффективность инокуляции тимофеевки луговой и овсяницы тростниковой диазотрофами из природных азотфиксирующих ассоциаций злаков // Сельскохозяйственная биология. 1985. №3. С. 48-52.
 19. Берестецкий О.А., Швытов И.А., Кравченко Л.В. Имитационное моделирование ассоциативной азотфиксации в ризосфере небобовых культур // Доклады ВАСХНИЛ. 1986. №7. С. 6-7.
 20. Боронин А.М., Кочетков В.В. Генетика ризосферных псевдомонад // Микроорганизмы - стимуляторы и ингибиторы роста растений и животных: Тез. док. Всесоюз. конф. Ташкент 3-5 окт. 1989. Ташкент, 1989. С. 15-17.
 21. Брей С.М. Азотный обмен в растениях. М.: Агропромиздат, 1986. 200 с.
 22. Бурлуцкая Г.Р., Кубицова З., Умаров М.М. Влияние азотфиксирующего штамма *Pseudomonas fluorescens* на развитие небобовых растений // Вестник МГУ. Сер.17. Почвовед. 1991. №1. С. 54-58.
 23. Васюк Л.Ф. Азотфиксирующие микроорганизмы на корнях небобовых растений и их практическое использование // Биологический азот в сельском хозяйстве СССР. М.: Наука, 1989. С. 88-89.
 24. Васюк Л.Ф. Ассоциативные азотфиксаторы и условия их эффективного применения // Бюллетень ВНИИСХМ. Л., 1985. № 42. С. 16-19.
 25. Ваулин А.В., Никулина Л.В. Роль инокуляции семян ячменя азотфиксирующими диазотрофами // Бюллетень ВИУА №110. М., 1997. С. 7.
 26. Веденина И.Я., Лебединский Н.А. Превращение закиси азота при денитрификации, диссимилиационном образовании аммония и нитрификации // Успехи микробиологии. 1984. Т.19. С. 135-165.
 27. Виноградова Л.В. Роль ассоциативных диазотрофов в формировании урожая сортов яровой пшеницы: Автореф. дисс... канд. б. наук. М., 1999. 17 с.
 28. Волков Е.Г. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на урожайность и качество зерна озимой ржи и ячменя на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве: Автореферат дис... канд. с.-х. наук. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2003. 17 с.
 29. Волкогон В.В. Влияние стимуляторов роста растений на активность процесса ассоциативной азотфиксации // Микробиологический журнал. 1997. Том 59. №4. С. 70-78.
 30. Волкогон В.В. Приемы регулирования активности ассоциативной азотфиксации // Бюллетень института сельскохозяйственной микробиологии. Чернигов, 1997. С. 17-19.
 31. Воробейков Г.А. Микроорганизмы, урожай и биологизация земледелия

- (Учебное пособие). С-Пб., 1998. 120 с.
32. Воробьев Г.Т. Агрехимические основы реабилитации почв Центральной Русской равнины, загрязненной радионуклидами: Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. М.: ВНИИ Агрехкоинформ, 1999. 122с.
 33. Воробьева Л.А. Влияние удобрений и диазотрофных препаратов на урожай и качество зерна овса и ячменя в дерново-подзолистой песчаной почве: Автореф дисс... канд. с.-х. наук. М., 2000. 19 с.
 34. Воробьева Л.А., Моисеенко Ф.В., Белоус Н.М., Харкевич В.А. Влияние ризоагрина и флавобактерина на поступление цезия-137 в зерно овса. // Бюллетень ВИУА № 112. М., 1999. С. 72-73.
 35. Габиров М.А. Повышение продуктивности ячменя при использовании ризоагрина // Бюллетень ВИУА №110. М., 1997. С. 11.
 36. Габиров М.А. Эффективность применения биопрепаратов на кукурузе // Бюллетень ВИУА № 112. М., 1999. С. 60-62.
 37. Галан М.С. Эффективность застосування асоціативних діазотрофів для підвищення врожайності злакових культур в умовах західного лісостепу України // Мікробіологічний журнал. 1997. Том 59. №4. С. 78-83.
 38. Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н. Баланс и превращение азота удобрений. Новосибирск: Наука, 1985. 160 с.
 39. Гамзикова О.И. Генетика агрохимических признаков пшеницы. Новосибирск, 1994. 220 с.
 40. Гарагуля А.Д., Бабич Л.В., Киприанова Е.А., Смирнов В.В. Способность различных видов бактерий рода *Pseudomonas* к колонизации корней пшеницы // Микробиология. 1988. Т. 50. № 6. С. 725-728.
 41. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции. Под ред. Тихоновича И.А., Прохорова Н.А. С.-Пб.: Наука, 1998. 194 с.
 42. Герцуский Д.Ф. Анатоомо-морфологические признаки и генотипическая отзывчивость растений на азотные удобрения // Труды ВИУА "Физиологические основы действия удобрений на урожай зерна и его качество". М., 1990. С. 93-118.
 43. Гетманец А.Я., Золотое В.И., Чернявская Н.А., Пономаренко А.К. Влияние удобрений на продуктивность и качество различных гибридов кукурузы // Агрехимия. 1985. № 6. С. 63-69.
 44. Гроздинский А.М., Гроздинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наукова Думка, 1973. 591 с.
 45. Драгавцев В., Шкель Н., Нечипоренко Н. Задачи идентификации генотипов растений по фенотипам // Вопросы селекции и генетики зерновых культур. М., 1983. С. 291-298.
 46. Ежова Л.А. Формирование продуктивности посевов яровой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания и ассоциативных азотфиксаторов в условиях светло-серых лесных почв Юго-Востока Нечерноземья: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Балашиха: РГАЗУ, 2001. 19 с.

- 47.Емцев В.Т., Покровский Н.П., Хрушкова Т.А. Несимбиотическая фиксация молекулярного азота атмосферы в дерново-подзолистой почве и факторы, определяющие ее эффективность // Известия ТСХА. 1978. №1. С. 118-120.
- 48.Емцев В.Т., Чумаков М.И. Об эффективности азотфиксирующего ассоциативного симбиоза у небобовых растений // Почвоведение. 1990. №11.0.116-126.
- 49.Ефимов В.Н., Осипов А.И. Гумус и азот в земледелии Нечерноземной зоны // Почвоведение. 1991. № 1. С. 67-77.
- 50.Жеруков Б.Х. Технология производства кукурузы (Биологические и экологические особенности роста и развития растений). Нальчик, 2000. 15 с.
- 51.Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. М.: Сов. Наука, 1950. 595 с.
- 52.Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. Кишинев: Штиница, 1990. 432 с.
- 53.Завалин А.А. Дополнительный источник азотного питания зерновых культур//Агро XXI. 1998. № 11. С. 14-15.
- 54.Завалин А.А. Роль биологического азота в ландшафтном земледелии // Бюлл. ВИУА № 110. 1997. С. 3-4.
- 55.Завалин А.А. Удобрение сельскохозяйственных культур на осушаемых минеральных почвах. М.: ВИУА, 1995. 148 с.
- 56.Завалин А.А., Азубеков Л.Х., Шалов Т.Б. Влияние минеральных удобрений и флавобактерина на урожайность кукурузы на черноземе обыкновенном // Агрехимия. 2002. № 4. С. 32-37.
- 57.Завалин А.А., Алметов Н.С., Мартъянов М.И. Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество клубней картофеля // Агрехимия. 2000. № 4. С. 63-67.
- 58.Завалин А.А., Виноградова Л.В. Влияние ассоциативных diaзотрофов на формирование урожая сортов яровой пшеницы // Агрехимия. 2000. №10. С. 38-44.
- 59.Завалин А.А., Духанина Т.М., Хусайнов Х.А. и др. Действие удобрений и биопрепаратов на продуктивность сортов ячменя // Агрехимия. 2003. №1. С. 30-37.
- 60.Завалин А.А., Духанина Т.М., Ваулин А.В. и др. Инокуляция ячменя препаратами ризосферных diaзотрофов на различных почвах // Плодородие. 2003. №5. С. 14-17.
- 61.Завалин А.А., Кандаурова Т.М., Чернова Л.С. Влияние препаратов азотфиксирующих микроорганизмов на продуктивность яровой пшеницы // Агрехимия. 1997. №3. С. 33-40.
- 62.Завалин А.А., Карашаева А.С., Азубеков Л.Х. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на продуктивность кукурузы на обыкновенном черноземе // Агрехимический вестник. 2004. № 2. С. 28-32.
- 63.Завалин А.А., Кожемяков А.П., Сологуб Д.Б., Зинковская Т.С. Влияние биопрепарата ризоагрин на продуктивность и азотное питание яровой

- пшеницы // Доклады Россельхозакадемии, 2001. №2. С. 23-25.
64. Завалин А.А., Пасынков А.В., Лекомцев П.В. Влияние доз азота и азотфиксирующих препаратов на урожай и качество зерна яровой пшеницы и гороха в чистых и смешанных посевах // Агрохимия. 2003. № 9. С. 20-29.
65. Завалин А.А., Сергалиев Н.Х. Влияние условий азотного питания и физиологически активных веществ на формирование величины и качества урожая зерна яровой пшеницы // Агрохимия. 2000. № 1. С. 23-29.
66. Завалин А.А., Хасан Гарба Контагора, Духанина Т.М., Азубеков Л.Х. Продуктивность кукурузы на силос при использовании биопрепаратов и азотного удобрения // Агрохимия. 2002. №11. С. 27-36.
67. Завалин А.А., Чистотин М.В., Кожемяков А.П., Хоанг Хай, Васюк Л.Ф., Алметов Н.С., Бердников В.В., Ваулин А.В., Лекомцев П.В., Никулина Л.В., Пасынков А.В., Понкратенков В.А., Тарасов А.Л., Цуриков Л.Н. Эффективность инокуляции зерновых культур *Agrobacterium radiobacter* в зависимости от азотного удобрения, почвенных и метеорологических условий // Агрохимия. 2001. №2. С. 31-35.
68. Зинковская Т.С., Павлючик Е.Н. Влияние ассоциативных микроорганизмов на продуктивность яровой пшеницы // Бюллетень ВИУА №110. М., 1997. С. 11.
69. Использование соломы в сельском хозяйстве. Л.: Колос, 1979. 94 с.
70. Исследования в полевых и производственных опытах по изучению эффективности систем питания растений в комплексе с другими средствами химизации. М.: ВИУА, 1991. 186 с.
71. Калининская Т.А., Миллер Ю.М. Использование изотопа ^{15}N при изучении несимбиотической азотфиксации // Биологический азот в сельском хозяйстве СССР. М.: Наука, 1989. С. 156-165.
72. Каменева С.В., Муронец Е.М. Генетический контроль процессов взаимодействия бактерий с растениями в ассоциациях // Генетика. 1999. Т. 35. №11. С. 1480-1494.
73. Кандаурова Т.М. Географические аспекты действия микробных препаратов на основе почвенных diazотрофов на яровую пшеницу // Бюлл. ВИУА №111. 1998. С. 67-68.
74. Кандаурова Т.М. Роль азотфиксаторов в перераспределении азота между вегетативными и репродуктивными органами яровой пшеницы // Бюлл. ВИУА №110. М., 1997. С. 13-14.
75. Кашукоев М.В. Значение бобовых и симбиотического азота в земледелии. Нальчик: КБГСХА. 1996. 33 с.
76. Клевенская И.Л. Экологические и агрономические аспекты несимбиотической фиксации азота // Биологическая фиксация азота. Новосибирск: Наука, 1991. 271 с.
77. Клечковская Е.А. Влияние компонентов ризосферных колоний микроорганизмов на урожай пшеницы // Научно-техн. бюлл. ВСГИ. Одесса, 1991. №1. С. 51-56.
78. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания расте-

- ний. М.: Агропромиздат, 1991. 415 с.
79. Кожемяков А.П. Приемы повышения продуктивности азотфиксации и урожая бобовых культур // Биологический азот в сельском хозяйстве СССР. М.: Наука, 1989. С. 15-27.
 80. Кожемяков А.П., Доросинский Л.М. Эффективность использования препаратов азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве // Труды ВНИИСХ микробиологии. Т. 59. Л., 1989. С. 5-13.
 81. Кожемяков А.П., Проворов Н.А., Завалин А.А., Шотт П.Р. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на продуктивность кукурузы на обыкновенном черноземе // Агрехимия. 2004. № 3. С. 33-44.
 82. Кожемяков А.П., Тихонович И.А. Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве // Доклады Россельхозакадемии, 1998. №6. С. 7-10.
 83. Кожемяков А.П., Хотянович А.В. Перспективы применения биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве // Бюлл. ВИУА №110. 1997. С. 4-5.
 84. Контагора Хасан Гарба. Азотное питание и продуктивность кукурузы на силос при использовании ризосферных диазотрофов: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. М.: МСХА, 2002. 16 с.
 85. Кореньков Д.А. Агрэкологические аспекты применения азотных удобрений. М., 1999. 296 с.
 86. Кореньков Д.А. Агрехимия азотных удобрений. М.: Наука, 1976. 223 с.
 87. Корягина Л.А., Синицин Н.В., Нестеренко В.Н., Башлаков Н.Ф. Ассоциативная азотфиксация небобовых культур в условиях Белоруссии. //Тез. док. конф. 23-28 июля 1990. Новосибирск, 1990. С. 202-204.
 88. Кравченко Л.В. Роль корневых экзометаболитов в интеграции микроорганизмов с растениями: Автореф. дис... д-ра биол. наук. М.: МГУ, 2000. 45 с.
 89. Кравченко Л.В., Азарова Т.С., Достанко О.Ю. Влияние корневых экзометаболитов пшеницы с различной плоидностью на рост *Azospirillum brasilense* // Микробиология. 1993. Т. 62. С. 863-868.
 90. Кравченко Л.В., Боровков А.В., Пшикриз З. Возможность биосинтеза ауксинов ассоциативными азотофиксаторами в ризосфере пшеницы // Микробиология. 1991. Т. 60. №5. С. 927-937.
 91. Кругов Д.Е. Эффективность инокуляции ячменя земледобрильными биопрепаратами на темно-серых лесных почвах Рязанской области. Автореф. Дис... канд. с.-х. наук. М.: ВНИИ Агрэкоинформ, 1999. 23 с.
 92. Кудяров В.Н., Демкина Т.С., Егорова Е.Ф. Оценка интенсивности и соотношения продуктов денитрификации ацетиленовым методом // Агрехимия. 1983. № 7. С. 40-45.
 93. Кудяров В.Н., Кузнецова Т.В. Оценки размеров несимбиотической азотфиксации в почве методом баланса. // Почвоведение. 1990. №11. С. 79-89.
 94. Кузнецов Н.П., Габибов М.А., Кругов Д.Е. Урожайность и качество яч-

- меня в зависимости от погодных условий и применения ризоагрина // *Агрохимический вестник*. 1999. №1. С. 32-33.
95. Кулакова А.М. Взаимодействие ассоциативных ризобактерий с растениями при различных агроэкологических условиях: Автореф. дисс... канд. б. наук. С-Пб.: ВНИИСХМ, 2000. 18 с.
96. Куракова Н.Г., Умаров М.М. Влияние различных форм минеральных соединений азота на процессы азотфиксации и денитрификации в дерново-подзолистой почве и черноземе // *Почвоведение*. 1983. № 4. С. 38-42.
97. Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н. Влияние ризоагрина на рост и продуктивность ячменя // *Агрохимия*. 2004. № 3. С. 25-32.
98. Ладонин В.Ф. Развитие земледелия, принципы и перспективы применения биопрепаратов // *Агрохимический вестник*. 1996. № 5. С. 46-48.
99. Лекомцев П.В. Влияние уровня азотного питания и биопрепаратов на формирование продуктивности яровой пшеницы и гороха в чистых и смешанных посевах: Автореф. дис... канд. Б. наук. М.: ВИУА, 2002. 23 с.
100. Лекомцев П.В., Пасынков А.В. Динамика накопления азота в растениях пшеницы при использовании ее в чистых и смешанных посевах и использовании азотфиксирующих препаратов // *Бюлл. ВИУА №115*. М., 2001. С. 141-142.
101. Леонова-Ермо Е.И. Влияние корневых экзометаболитов на синтез физиологически активных веществ ризобактериями: Автореф. Дис... канд. б. наук. С-Пб.: ВНИИСХМ, 2000. 22 с.
102. Лимарь Р.С., Матвиенко И.И. Особенности ассимилятов у разных видов пшеницы // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции / ВИР*. Л., 1980. Т. 67. Вып. 2. С. 35-38.
103. Лукин С.А., Кожевин П.А., Звягинцев Л.Г. Азоспириллы и ассоциативная азотфиксация небобовых культур в практике сельского хозяйства // *Сельскохозяйственная биология*. 1987. №1. С. 51-58.
104. Львов Н.П. Энзиматические механизмы питания бобовых растений связанным и атмосферным азотом // *Экологические последствия применения агрохимикатов (Удобрения)*. Пушкино, 1982. С. 27-28.
105. Макаров Б.Н. Газовый режим почвы. М.: Агропромиздат, 1988. 105 с.
106. Макаров П.Н. Особенности ростовых процессов и формирование продуктивности физалиса в зависимости от сорта, способа выращивания и применения ассоциативных штаммов бактерий: Автореф. дис... канд. б. наук. С-Пб.: ВИР, 2002. 18 с.
107. Макаров П.Н. Особенности ростовых процессов и формирование продуктивности физалиса в зависимости от сорта, способа выращивания и применения ассоциативных штаммов бактерий: Автореф. дисс... канд. б. наук. С-Пб.: ВИР, 2002. 18 с.
108. Макроносов А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез. Физиологические и биохимические аспекты. М.: Изд. МГУ, 1992. 320 с.
109. Методика исследований эффективности препаратов ризосферных diaзотрофов / Завалин А.А., Духанина Т.М., Чистотин М.В. и др. М.: Агро-

- консалт, 1998. 76 с.
110. Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе Географической сети опытов) / Милащенко Н.З., Литвак Ш.И., Шевцова Л.К. и др. М., 1991. 356 с.
 111. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. М.: ВИУА, 1986. 146 с.
 112. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / Под ред. Панникова В.Д. Часть 2 (Программы и методы исследования почв). М.: ВИУА, 1986. 171 с.
 113. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Звягинцева Д.Г. М.: МГУ, 1991. 304 с.
 114. Методы применения изотопа азота ^{15}N в агрохимии / Под ред. Коренькова Д.А. М.: Колос, 1977. 157 с.
 115. Мешков И.В. Влияние корневых выделений на развитие азотфиксирующих микроорганизмов и баланс азота в почве: Автореф. дис... докт. б. наук. М., 1971. 48 с.
 116. Минеев В.Г., Дебреценни Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. С. 279-305.
 117. Минеев В.Г., Сафрина О.С., Шабаев В.П. Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на некоторые физиолого-биохимические процессы в растениях столовой свеклы // Доклады ВАСХНИЛ. 1992а. №1. С. 16-21.
 118. Минеев В.Г., Шабаев В.П., Сафрина О.С. Баланс азота в почве при выращивании столовой свеклы, инокулированной бактериями рода *Pseudomonas* // Доклады ВАСХНИЛ. 1992б. №3. С. 7-12.
 119. Мишустин Е.Н. Круговорот азота и его соединений в природе // Роль микроорганизмов в круговороте газов в природе. М.: Наука, 1979. С. 68-'92.
 120. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. С. 31-33.
 121. Мишустин Е.Н. Пути улучшения азотного баланса пахотных почв СССР и выполнение продовольственной программы // Известия АН СССР. Сер. биол. 1983. №3. С. 325-345.
 122. Мишустин Е.Н., Черепков Н.И. Роль бобовых культур и свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов в азотном балансе земледелия. // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука, 1979. С. 9-18.
 123. Моисеенко Ф.В., Воробьева Л.А., Белоус Н.М., Харкевич Л.П. Действие ризоагрина и флавобактерина на урожайность и качество зерна овса сорта Скакун в зависимости от фонов минерального питания // Бюлл. ВИУА № 112. 1999. С. 69-71.
 124. Мосолов И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. М.: Колос, 1979. 255 с.
 125. Надежкина Е.В., Сильнова Е.Г. Влияние ризосферных бактерий на

- формирование урожая зерна проса // *Агрохимия*. 2001. № 6. С. 40-43.
126. Наумов Г.Ф., Подоба Л.В. и др. Агроэкологические основы использования биопрепаратов diaзотрофных бактерий при выращивании ячменя и амаранта в условиях восточной лесостепи Украины // *Микробиологический журнал*, 1997. Том 59. №4. С. 63-70.
127. Нестеров И.А. Продуктивность и качество люпина при использовании удобрений и биопрепаратов на радиоактивно загрязненной супесчаной почве: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. М.: ВНИИ Агроекоинформ, 2000. 19 с.
128. Никитин С.Н. Совершенствование системы удобрения яровой пшеницы с использованием биопрепаратов и микроэлементов (ЖУСС-2) в условиях лесостепи Поволжья: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Саранск: Морд. ГУ. 2002. 16 с.
129. Нице Л.К., Хлыстовский А.Д., Захарова С.Н. Биологическая фиксация азота в дерново-подзолистой почве при длительном применении удобрений и извести//*Агрохимия*. 1994. № 2. С.3-8.
130. Нице Л.К. Микробиологическая активность почвы в условиях адаптивного земледелия: Автореф. дис... докт. б. наук. М.: МСХА, 1995. 48 с.
131. Осипов А.И., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 4. Роль азота в плодородии почв и питании растений. С-Пб., 2001. 360 с.
132. Особенности применения методов с использованием изотопов азота в агрохимических исследованиях. М., 1990. 30 с.
133. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / Под ред. Завалина А.А. М.: Россельхозакадемия, 2000. 82 с.
134. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Наука, 1967. 339 с.
135. Павлов А.Н. Повышение содержание белка в зерне. М.: Наука, 1984. 119 с.
136. Пасынков А.В. Влияние инокуляции семян зерновых культур азотфиксирующими препаратами на величину урожая и качества зерна // *Агрохимия*. 2002. № 10. С. 41-47.
137. Пасынков А.В. Применение ризоагрина на зерновых культурах в Кировской области // *Бюлл. ВИУА* № 110. 1997. С. 8.
138. Патика В.П. Биологичны можливости використання кормових бобових і зернових культур // *Бюлл. інститута сільськогосподарської мікробіології*. Чернігів, 1997. С. 3-6.
139. Патика В.П. Бюлопчш можливости використання кормових бобових і зернових культур // *Бюлл. ІСГМ*. 1997. №1. С. 3-6.
140. Патыка В.Ф. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений: Дис... д-ра б. наук. Л., 1991. 428 с.
141. Патыка В.Ф., Калиниченко А.В., Колмаз М.В., Кислухина М.В. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сель-

- скохозийственных растений // Микробиологический журнал. 1997. Том 59. №4. С. 3-14.
142. Посыпанов Г.С. Биологический азот: проблемы экологии и растительного белка. М.: Изд. МСХА, 1993. 268 с.
143. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.
144. Потапов В.И. Роль почвенно-климатических факторов в отзывчивости ячменя на инокуляцию "Ризоагрином" / Бюлл. ВИУА № 110. 1997. С. 5.
145. Потапова С.А. Влияние почвенно-экологических условий и азотных минеральных удобрений на эффективность инокуляции ассоциативными и симбиотическими азотфиксаторами сельскохозяйственных культур: Автореф. дис... канд. б. наук. М.: МСХА. 1997. 31 с.
146. Практикум по микробиологии / Под ред. Егорова Н.С. М.: Наука, 1976. С. 118-125.
147. Проворов Н.А. Соотношение симбиотрофного и автотрофного питания азотом у бобовых растений: генетико-селекционные аспекты // Физиология растений. 1996, Т. 43. №1. С. 127-135.
148. Прусакова Л.Д., Чижова С.И., Нугуманова Н.И. Ускорение созревания зерновых культур с помощью регуляторов роста // Сельскохозяйственная биология. 1985. №5. С. 115-117.
149. Прянишников Д.Н. Азотный баланс в земледелии и значение культуры бобовых // Об удобрении полей и севооборотов. М., 1962. С. 71-79.
150. Пухальская Н.В. Закономерности формирования продуктивности зерновых культур при изменении уровня углеродного и азотного питания в оптимальных и экстремальных условиях выращивания: Автореф. дис... докт. б. наук. М., 1997. 45 с.
151. Рзаев Н.М., Марданова Н.Б., Бондарь Н.К. Эффективность гуминовой кислоты (ГК) в зависимости от условий азотного питания // Известия АН Аз. ССР. Сер. биол. науки. Баку: «ЭЛМ», 1989. С. 29-34.
152. Родина Н.А. Ячмень. Киров: Волго-Вятское кн. изд., 1975. 56 с.
153. Родынюк И.С. Биологическая фиксация азота. Новосибирск: Наука, 1991. С. 142.
154. Родынюк И.С. Влияние генотипа пшеницы на формирование эффективных ассоциаций с азотфиксирующими микроорганизмами // Бюлл. ВНИИИСХМ. №42. Л., 1985. С. 54-56.
155. Родынюк И.С., Степаненко И.Л., Коваль С.Ф. Ассоциативная азотфиксация в ризоценозе изогенных иммунных и короткостебельных линий яровой мягкой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 1991. №5. С. 88-94.
156. Рутор Т.А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и использования биологического азота на выщелоченном черноземе Краснодарского края: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Краснодар: КубГАУ, 1999. 25 с.
157. Садыков Б.Ф., Умаров М.М. Обнаружение азотфиксирующей активно-

- сти в филосфере растений // Микробиология. 1980. Т. 49. № 1. 147-150.
158. Садыков Б.Ф. Биологическая азотфиксация в агроценозах. Уфа, 1989. 109 с.
159. Сапожников Н.А. Трансформация азота удобрений в почве и повышение коэффициента его использования растениями // Труды ВНИИСХМ. Т. 49. Л., 1980. С. 64-81.
160. Сарычева А.А. Эффективность диазотрофов на яровой пшенице в различных почвенно-климатических зонах России // Бюлл. ВИУА №110. 1997. С. 5-6.
161. Сарычева А.А., Виноградова Л.В., Бирюкова О.В. Сортовая специфика отзывчивости яровой пшеницы на инокуляцию ассоциативными диазотрофами // Бюлл. ВИУА №110. 1997. С. 8-9.
162. Сафрина О.С. Особенности азотного питания столовой свеклы при инокуляции бактериями рода *Pseudomonas*: Автореф. дис... канд. б. наук. М.: МГУ, 1997. 20 с.
163. Семенов П.Н. Влияние ризоагрина и флавобактерина на урожайность и качество зерна озимой пшеницы и тритикале // Бюлл. ВИУА №115. М., 2001. С. 157.
164. Семенов П.Н. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы и озимой тритикале на агродерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве: Автореф. дис... канд. с.х. наук. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 1997. 20 с.
165. Сергалиев Н.Х. Влияние условий азотного питания и физиологически активных веществ на формирование величины и качества урожая зерна яровой пшеницы: Автореферат дис... канд. б. наук. М.: ВИУА, 1998. 17 с.
166. Смирнов П.М., Кидин В.В. Использование растениями азота и баланса его в зависимости от дозы и срока внесения удобрений // Химия в сельском хозяйстве. 1983. №3. С. 20-24.
167. Такунов И.П. Люпин в земледелии России. Брянск: Придесенье, 1996. 372 с.
168. Танцова О.И., Черемисов Б.М. Межсортовая и внутрисортовая изменчивость активности азотфиксации у ярового ячменя // Доклады Россельхозакадемии. 1993. №6. С. 6-8.
169. Танцова О.И., Черемисов Б.М. Оценка коллекций ячменя и тритикале по активности азотфиксации // Доклады ВАСХНИЛ. 1992. №1, С. 9-12.
170. Тимофеева С.В., Лагутина Т.М., Кожемяков А.П. Моделирование воздействия агроэкологических факторов на приживаемость интродуцируемых бактерий в почве и зоне корней растений // Доклады Россельхозакадемии. 1999. №6. С. 19-21.
171. Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация. М.: МГУ, 1986. 136 с.
172. Умаров М.М., Фролова В.Д., Бурлуцкая Г.Р. и др. Инокуляция рапса активными штаммами почвенных диазотрофов и их мутантами с измененной азотфиксацией // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1990.

- №3. С. 45-48.
173. Хасан Гарба Контагара. Азотное питание и продуктивность кукурузы на силос при использовании ризосферных diaзотрофов: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. М.: МСХА, 2002. 15 с.
174. Хачетлов Р.М. Технология производства кукурузы (Программирование урожая). Нальчик, 2000. 20 с.
175. Хоанг Хай. Роль ассоциативных ризосферных бактерий в формировании продуктивности кукурузы и изучение условий повышения эффективности ассоциативного взаимодействия: Автореф. Дисс... канд. б. наук. С-Пб.: ВНИИСХМ, 2000. 21 с.
176. Хусайнов Х.А. Роль азотного удобрения и биопрепаратов в формировании урожайности сортов ячменя // Бюлл. ВИУА №113. 2000. С. 102-103.
177. Чеботарь В.К., Малиновский Б.Н. Ассоциативная азотфиксация в ризосфере сорго // Вестник сельскохозяйственной науки. 1989. №10. С. 106-110.
178. Чистотин М.В. Эффективность инокуляции яровой пшеницы *Agrobacterium radiobacter* в зависимости от удобрений, почвенных и метеорологических условий: Автореф. дис... канд. б. наук. М.: ВИУА, 2001. 19 с.
179. Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А., Алиев Ш.А. Агрохимия фосфора и нетрадиционного минерального сырья. М., 2001. 289 с.
180. Чундерова А.И., Зубков И.К., Князев В.Л. Влияние окультуривания дерново-подзолистых почв на их азотфиксирующую активность // Бюлл. ВНИИСХМ. Вып. 17. №2. Л., 1974. С. 56-61.
181. Шабает В.П. Роль биологического азота в системе «почва-растения» при внесении ризосферных микроорганизмов: Автореферат дисс... докт. биол. наук. М.: МГУ, 2004. 46 с.
182. Шакиров М. Влияние diaзотрофов на продуктивность ячменя в различных почвенно-климатических условиях // Бюлл. ВИУА, 1998. №111. С. 66-67.
183. Левелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. 594 с.
184. Шульпина И.Ю. Калийные удобрения в системе комплексного применения средств химизации под зерновые культуры на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве: Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. М.: ВИУА, 1998. 18 с.
185. Шумный В.К., Сидорова К.К. и др. Биологическая фиксация азота. Новосибирск: Наука, 1991. 271 с.
186. Эржибов С.К., Ханиев М.Х., Тхамоков З.Д. и др. Практическое руководство по технологии возделывания кукурузы в КБР. Нальчик, 2000. 42 с.
187. Ягодина М.С., Ягодин Б.А., Веревкин Е.Л. Интенсивность несимбиотической фиксации атмосферного азота при различных сочетаниях органического вещества, влажности и температуры // Известия ТСХА. 1979. №2. С. 71-73.

188. Belimov A.A., Kojemiakov A.P., Chuvarlieva C.V. Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria // *Plant and Soil*. 1995. V. 173. P. 29-37.
189. Belimov A.A., Kurnakova A.M., Gruzdeeva E.V., et al. Relationship between survival rates of associative nitrogen fixers on roots and yield response of plants to inoculation. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 1995, V.17, p. 187-196.
190. Bloemberg G., Lugtenberg B.J.J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria // *Curr. Opin. Plant Biol.* 2001. V.4. P. 343-350.
191. Boddey R.M. Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae // *CRC Critical Reviews in Plant Science*. 1987. Vol.6, 55.3. P. 209-266.
192. Boddey R.M. Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae // *CRC crit. rev. in plant science*. 1987. Vol.6, iss. 3. P. 209-266.
193. Boddey R.M. Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae // *CRC Critical Reviews in Plant Science*. 1987. Vol.6, 55.3. P. 209-266.
194. Boddey R.M., Chalk P.M., Victoria R.Z., Matsui E., Dobereiner J. The use of the ¹⁵N isotope dilution technique to estimate the contribution of Associated biological nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of *Paspalum notatum* cv. *Batatus* // *Can. J. Microbiol.* 1983. V.29. P. 1036-1045.
195. Boddey R.M., de Oliveira O.C., Alves B.J.R. et al. Field application of ¹⁵N isotope dilution technique for the reliable quantification of plant-associated biological nitrogen fixation // *Fertilizer research*. 1995. Vol.42, No. 1-3. P. 77-87.
196. Broadbent F.E. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen // *Soil Sci. Amer. Proc.* 1965. V.29. N5. P. 692-695.
197. Chalk P.M. Estimation of N₂ fixation by isotope dilution: an appraisal of techniques involving ¹⁵N enrichment and their application // *Soil biology & biochemistry*. 1985. Vol. 17, No. 4. P. 389-410.
198. Danso S.K.A. Assessment of biological nitrogen fixation // *Ibid.* P. 33-41.
199. Dart P.J., Wany S.P. Non-symbiotic nitrogen fixation and soil fertility // *Proc. 12-th Int. Congr. Soil Sci. New Delhy*, 1982. V.1. P. 3-27.
200. Day J.M., Dart P.J. Nitrogenase activity and oxygen sensitivity of the *Paspalum notatum*. *Azotobacter paspali* association. // *J. Gen. Microbiol.* 1972. V.71. P. 103-116.
201. FAO soils bulletin N 3. Application of nitrogenfixid systems in soil management. Roma. FAO. 1982. 188 p.
202. Gibson A.H. Genetic variation in the effectiveness of nodulation of lucerne varieties. *Austral // J. Agric. Res.* 1962. V.13. P. 388-399.
203. Havelka V., Hardy R. Further studies on relationships between photosynthetic carbon dioxide fixation and nitrogen fixation // *Proc. 1-st. Intern. Symp. N₂-fixation. USA, Pullman. Wash. Univ. Press.* 1976. P. 241-256.
204. Heinrich D., Hess D. Chemotaxic attractation of *Azospirillum lipoferum* by

- wheat roots and characterization of some attractants // *Can. J. Microbiol.* 1985. V.31.N1.P. 26-31.
205. Israel N., Okon Y., Yigael H. Comparative studies of nitrogen-fixing bacteria associated with grasses in Israel // *Can.J.Microbiol.* 1980. Vol.26. N6. P. 714-718.
206. Jain D.K., Patriguin D.G. Root hair deformation, bacterial attachment and plant growth in wheat. *Azospirillum* associations // *Appl. Environ. Microbiol.* 1984. V.48. N2. P. 1208-1213.
207. Jenkinson D.S., Powlson D.S., Johnston A.F. The nitrogen cycle under continuous winter wheat. // *Trans. XIII Congr. Intern. Soc. Soil Sci. Hamburg.* 1986. P.793-794.
208. Knowles R. The significance of asymbiotic dinitrogen fixation by bacteria. // *A Treatise on Dinitrogen Fixation.* New York. 1977. P. 33-83.
209. Lugtenberg B.J., Dekkers L., Bloemberg G. Molecular determinants of rhizosphere colonization by *Pseudomonas* // *Annu. Rev. Phytopathol.* 2001. V.39. P. 461-490.
210. Nelson L., Knowles R. Effect of oxygen and nitrate on nitrogen fixation and denitrification by *Azospirillum brasilense* in continuous culture // *Can.J. Microbiol.* 1978. Vol.24. N11. P. 1395-1403.
211. Okon V. *Azospirillum* as a potential for agriculture. // *Trends Biotechnol.* 1985. V.3.N9. P. 223-228.
212. Oubayi O. et al // *Proc. 9th Intern. Congr. on Nitrogen Fixation.* Mexico, 1992. P. 227.
213. Oubayi O. et al // *Proc. 9th Intern. Congr. on Nitrogen Fixation.* Mexico, 1992. P. 227.
214. Paul E.A. Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems // *Intern. Symp. Brisbane (Austral) ed. Willson. J.R.* 1988. V.1.P.417.
215. Powlson D.S., Pruden G., Johnston A.E. et al. The nitrogen cycle in the Broadbalk Wheat Experiment: recovery and losses of ¹⁵N-labelled fertilizer applied in spring and inputs of nitrogen from the atmosphere // *J. Of agricultural science.* 1986. Vol.107, part 3. P. 591-609.
216. Provorov N.A., Tikhonovich I.A. Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis // *Gen. Res. and Crop Evol.* 2003. V.50. №1 P. 89-99.
217. Rennie R.J. Dinitrogen-fixing bacteria: computer-assisted identification of soil isolates. // *Can. J. Microbiol.* 1981. V.26. P. 1275-1283.
218. Renny R.J. Potential use of induced mutation to improve symbioses of crop plants with N₂-fixing bacteria. Induced mutation - a tool in plant breeding / Vienna: IAEA, 1981. P. 293-321.
219. Russow R., Faust H. Vergleichende Betrachtung zur Bestimmung der biologische Stickstoff-Fixierung aus der ¹⁵N-Isotopenverdiinnung // *Zentr.-Bl. fur Mikrobiologie.* 1990. Bd. 145, H. 8. S. 606-613.
220. Saidel P. Zur Lebensweise und Luftstickstoffbindung von *Azospirillum* spp. // *Lbl. Microbiol.* 1987. V.142. N2. P. 111-129.

221. Smith R., Bauton J., Schank S. Nitrogen fixation in grasses inoculated with *Spirillum lipoferum*// Science. 1976. N193. P. 1003-1005.
222. Subba Rao R.B., Dart P.J. Nitrogen fixation associated with sorghum and millet // Associative N₂-fixation. Boca Raton: CRC Press, 1981. V.1. P. 169-177.
223. Tyler M., Milan J., Smith R. Isolation of *Azospirillum* from diverse geographic regions // Can.J. Mikrobiol. 1979. Vol.25. N6. P 693-697.
224. Vandebroek A., Vanderleyden J. Genetics of *Azospirillum*-plant association - review// Crit. Rev. Plant Sci. 1995. V.14. №5. P. 445-466.
225. Vandommelen A., Vanbastelaere E., Keijers V., Vanderleyden J. Genetics of *Azospirillum brasilense* with respect to ammonium transport, sugar uptake and chemotaxis // Plant and Soil. 1997. V.194. №1-2. P. 155-160.
226. Vassyuk L.F., Kojemyakov A.P., Popova T.A.// European J. Of Plant Pathology. 1995. P. 1310.
227. Vose P.B., Victoria R.L. Re-examination of the limitations of nitrogen-15 isotope dilution technique for the field measurement of dinitrogen fixation // Field measurement of dinitrogen fixation and denitrification. Madison, Wisconsin, 1986. Chap. 3. P. 23-41.
228. Watanabe I. // Proc. Symp. Paddy Soil. Berlin e. a.: Beijing, 1981. P. 348.
229. Watanabe J., Lee K., Alimagno B. Biological nitrogen fixation in paddy field studied by in situ acetylene reduction assays. // Ecol. Bull. 1980. N26. P.304-310.
230. Weaver R.W. Measurement of biological dinitrogen fixation in the field // Ibid. Chap. 1. P. 1-10.
231. Zavalin A.A., Chernova L.S., Kandaurova T.M. Effect of preparations of microorganisms on the grain-spring wheat and quality // Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications. Proceeding of the 10th International Congress on Nitrogen Fixation, St.Petersburg, Russia, May 28-June 3, 1995. Kluwer academic publishers - Dordrecht/Boston/London. 1995. P. 785.

Отчёт

о применении биопрепаратов агрофил, мизорин, флавобактерин на картофеле сорта Невский в 2009 году.

Место проведения опыта. Опыты проводили в южной части Гатчинского района Ленинградской области (садоводческий массив Новинка). Почва суглинистая. Предшественник пар, занятый травой. Перед посадкой внесли навоз КРС (6 кг/кв.м), а почву перекопали. Картофель посадили 24 мая на гряды шириной 1 м в 2 рядка. Расстояние между растениями в рядке 40 см.

Методика обработки клубней картофеля. Для обработки использовали препараты на торфяной основе, предоставленные Колпинским ЭПП «Экос». Клубни картофеля погружали на 30 минут в 1% рабочий раствор биопрепаратов (100 г на 10 л воды). В одном из вариантов препараты смешали в равной пропорции, затем их растворили в 10 л воды. Получился 3-х % рабочий раствор. В контроле клубни замачивали в воде.

Наблюдения. В каждом варианте площадь опытного участка равнялась 20 кв. м (2 повторности по 50 растений). Отмечали характер развития растений, высоту растений, поражённость фитофторой, конец вегетации растений.

Визуально отметили, что в варианте с флавобактерином и в варианте, где клубни обработали смесью биопрепаратов, растения развивались лучше. До фазы бутонизации они на 5-7 см превышали высоту растений, обработанных мизорином и агрофилом; на 8-10 см были выше, чем в контроле. Растения в контроле явно уступали в развитии картофелю, обработанному биопрепаратами. В контроле визуально отметили большее поражение растений фитофторозом.

Ботву картофеля скосили 22 августа. Картофель выкопали 29 августа.

Средняя урожайность картофеля по вариантам опыта показана в таблице.

Таблица

Урожайность и прибавка урожая картофеля по вариантам опыта

Вариант опыта	Расход препарата на 7 кг клубней, г	Средняя урожайность по вариантам опыта, ц/га	Повышение урожайности	
			ц/га	%
1. Агрофил, 1%	100	171,0	17,0	11,0
2. Мизорин, 1%	100	175,0	19,0	12,3
3. Флавобактерин, 1%	100	210,0	56,0	36,3
4. Смесь препаратов, 3%	300	229,0	75,0	48,7
5. Контроль (вода)	-	154,0	-	-

Ведущий специалист отдела защиты растений филиала ФГУ «Россельхозцентр» по Ленинградской области  Доброхотов С.А.