

На правах рукописи

Дудик Оксана Алексеевна

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS* (Migula) НА
РОСТ И РАЗВИТИЕ ЭНДОМИКОРИЗНОГО ГРИБА
GLOMUS INTRARADICES (Schenck and Smith) В
РИЗОСФЕРЕ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ДЛЯ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ

06.01.11 – защита растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Краснодар 2006

Работа выполнена в Государственном научном учреждении
Всероссийском научно-исследовательском институте
биологической защиты растений Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИБЗР РАСХН)

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных
наук Белоусов Владимир Степанович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Пузанова Людмила Алексеевна
кандидат биологических наук
Смоляная Наталья Михайловна

Ведущая организация: ГНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт риса

Защита состоится 28 декабря 2006 года в 12 часов на
заседании диссертационного совета Д.220.038.06 в
Кубанском государственном аграрном университете по
адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, КубГАУ,
корпус защиты растений, к. 321, факс (861) 221–58–85

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Кубанского государственного аграрного университета.

Автореферат разослан 27 ноября 2006 года

Ученый секретарь
диссертационного совета, доктор
биологических наук, профессор

В.П. Сокирко

Актуальность проблемы:

В настоящее время значительная часть почвенного покрова в мире подвергается негативным изменениям, приводящим к его деградации. Современные технологии обработки почвы и интенсивная борьба с возбудителями болезней меняют видовой состав почвенных микроорганизмов в пользу фитопатогенных видов. Наиболее действенным средством восстановления плодородия и структуры деградированных почв является биологическая рекультивация с использованием сельскохозяйственных культур, обладающих фитомелиоративной способностью, и высокоэффективных культур микроорганизмов-антагонистов почвенных фитопатогенов, повышающих супрессивность почв. Всероссийским НИИ орошаемого земледелия экспериментально доказано, что наиболее перспективными фитомелиорантами являются сорговые культуры. Особую научно-практическую значимость для использования в качестве биологических агентов стимуляции роста и развития растений, а так же в качестве защиты от фитопатогенов различных сельскохозяйственных культур представляют ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* (Migula) и эндомикоризные грибы рода *Glomus* (Schenck and Smith).

Анализ мировой литературы выявил отсутствие данных по влиянию совместной инокуляции семян бактериями рода *Pseudomonas* и эндомикоризными грибами рода *Glomus* на продуктивность сорговых культур и сведений по реакции сортов различных хозяйственных групп сорговых культур на бактеризацию штаммами PGPR *Pseudomonas*.

В настоящее время является актуальным изучение возможности применения эндомикоризных грибов рода *Glomus* и PGPR бактерий рода *Pseudomonas* в качестве составляющих компонентов технологии повышения продуктивности сорговых культур в зависимости от агроклиматических условий возделывания.

Цель и задачи исследований:

Целью настоящей работы являлся поиск новых биологических приемов увеличения продуктивности и адаптивной способности различных хозяйственных групп сорговых культур в зависимости от условий возделывания.

- выделение из ризосферы сорговых культур и видовая идентификация аборигенных штаммов флюоресцирующих бактерий рода *Pseudomonas*;

- скрининг аборигенных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* по антагонистической и ростостимулирующей активности;

- оценка влияния предпосевной инокуляции семян сорго коллекционными штаммами *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, *Pseudomonas fluorescens* 38a, *Pseudomonas fluorescens* 7Н – продуцентами различных антибиотиков, на рост и развитие сорговых культур;

- изучение влияния бактерий рода *Pseudomonas* на развитие эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) в почве и корнях растений сорговых культур;

- исследование влияния различных комбинаций совместной инокуляции штаммами бактерий рода *Pseudomonas* и эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) на продуктивность хозяйственных групп сорго при возделывании на черноземе малогумусном сверхмощном выщелоченном и луговых средnezасоленных, тяжелосуглинистых почвах с хлоридно-сульфатным типом засоления.

Научная новизна:

Впервые из ризосферы зернового и сахарного сорго, выращенного на черноземе выщелоченном, выделены и идентифицированы высокоэффективные ростостимулирующие штаммы бактерий рода *Pseudomonas* – антагонисты почвенных фитопатогенов

Получены экспериментальные данные положительного влияния бактерий рода *Pseudomonas* на формирование и количественное изменение структур эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) в корнях сорговых культур.

Впервые проведены исследования взаимного влияния бактерий рода *Pseudomonas* и эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) на продуктивность зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов при возделывании на черноземе выщелоченном и луговых средnezасоленных, тяжелосуглинистых почвах с хлоридно-сульфатным типом засоления.

Научно-практическая значимость работы:

Разработан трехкомпонентный биотехнологический способ фитомелиорации, включающий комплексное взаимодействие в системе: растение (сорта зернового, сахарного сорго и сорго-суданкового гибрида) – эндомикоризный гриб (*Glomus intraradices* (штамм 7)) – ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* (штамм *Pseudomonas aureofaciens* BS1393), позволяющий увеличивать урожайность сорговых культур на деградированных почвах рисовых чеков до уровня, полученного на плодородных почвах. Производству предложено использование разработанного способа для адаптации сорговых культур при проведении почвоулучшающих мероприятий на деградированных почвах без вывода данных земель из сельскохозяйственного пользования хозяйств (Dudik O.A et al, 2003; Дудик О.А, 2005).

Основные положения выносимые на защиту:

1. Впервые выделенные аборигенные штаммы *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17 являются эффективными биологическими агентами для создания на их основе бактериальных препаратов.

2. Сортоспецифическая реакция на бактериальную инокуляцию при обработке семян штаммами бактерий рода *Pseudomonas* определяет

увеличение продуктивности зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов.

3. Увеличение урожайности сорговых культур при комплексной инокуляции штаммами бактерий рода *Pseudomonas* и грибом *Glomus intraradices* (штамм 7) определяется взаимоотношениями микроорганизмов друг с другом в корнях и ризосфере растений сорго и оптимальным подбором пары микроорганизмов, независимо от типа почв.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и получили одобрение на международных, всероссийских и краевых конференциях симпозиумах и совещаниях: Международной научно-практической конференции: Биологизация защиты растений: состояние и перспективы. Краснодар, 2000; Всероссийской школе-конференции молодых ученых: Биотехнология – стратегия развития в XXI веке. Санкт-Петербург, 2000; Всероссийском симпозиуме: Биотехнология – народному хозяйству. Москва, 2000; Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию БелНИИЗР: Защита растений на рубеже XXI века, Минск 2001; V Международном семинаре-презентации инновационных научно-технических проектов: Биотехнология – 2001. Пушино, 2001; Всероссийской конференции: Сельскохозяйственная микробиология в XIX – XXI веке, Санкт-Петербург 2001; Второй всероссийской школе молодых ученых ВОГиС по экологической генетике: Симбиогенетика и эволюция. Санкт-Петербург 2001; III семинаре-совещании: Современные технологии и перспективы использования экологически безопасных средств защиты растений и регуляторов роста. Москва 2001; Международной 36 научной конференции: Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Москва 2002; Первом съезде микологов России: Современная микология в России Москва, 2002 г; 1-ом Международном конгрессе: Биотехнология – состояние и перспективы развития. Москва, 2002; International symposium “ Biochemical interactions of microorganisms and plants with technogenic environmental pollutants” Saratov, 2003; 11-th International Congress on Molecular plant-Microbe Interactions. Molecular Plant-Microbe Interactions: New bridges between Past and Future. St. –Petersburg, 2003; Всероссийской научной конференции: Современное состояние и приоритеты развития фундаментальных наук в регионах. Краснодар, 2004 г; Международной конференции: Проблемы биодеструкции техногенных загрязнителей окружающей среды. Саратов, 2005; III, IV, V, VII региональных научно-практических конференциях: “Научное обеспечение агропромышленного комплекса”. Краснодар 2001, 2002, 2003, 2005.

Исследования по теме диссертации отмечены стипендией администрации Краснодарского края 2002-2003 годов и дипломами победителя II и III степени в региональных конкурсах на лучшую научно-практическую разработку в рамках конференций: “Научное

обеспечение агропромышленного комплекса”. Краснодар, 2001 и 2005 годов.

Публикация результатов исследований. По материалам исследований опубликовано 14 научных работ, в которых отражено основное содержание диссертации.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 147 страницах машинописного текста. Состоит из введения, аналитического обзора литературы, методик и условий проведения исследований, результатов исследований, выводов, практических рекомендаций, приложений. Работа иллюстрирована 15 таблицами и 29 рисунками. Список использованной литературы включает 183 наименования, в том числе 113 иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Обобщены литературные данные по агрономической характеристике и производству зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов в мире и России, рассматривается использование сорговых культур для фитомелиорации деградированных почв и ведется сравнение их эффективности в сравнении с другими культурами-фитомелиорантами. Освещены и анализируются вопросы использования комплексной интродукции микроорганизмов в ризосферу как биологического способа увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур. Приводятся данные по изученности влияния эндомикоризных грибов и PGPR бактерий рода *Pseudomonas* на рост и развитие сельскохозяйственных растений. Дается заключение о целесообразности углубления исследований по вопросу использования микроорганизмов для увеличения продуктивности сорговых культур и компонента технологии реабилитации деградированных почв.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в период с 2000 по 2004 год в лаборатории реабилитации почв Всероссийского научно-исследовательского института биологической защиты растений (Краснодар), Институте биохимии и физиологии микроорганизмов РАН им. Г.К. Скрыбина (Пушино), Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург), на опытных полях ВНИИБЗР, а так же на чеках рисовой системы АОЗТ "Сладковское" Славянского района, Краснодарского края. В качестве объектов исследования использовались сорта зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов, ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* и эндомикоризный гриб *Glomus intraradices* (штамм 7).

Антагонистическую активность бактериальных штаммов оценивали по величине зоны подавления роста мицелия фитопатогенного гриба на чашках Петри с агаризованной средой Каннера (Raaijmakers J. et al, 1997).

При проведении ПЦР использовали суммарную клеточную ДНК. ПЦР проводили с использованием амплификатора "Perkin Elmer". Амплификацию фрагмента феназинового оперона проводили с праймерами PCA2a (5'-TTGCCAAGCCTCGCTCCAAC-3') и PCA3b (5'-CCGCGTTGTTCCCTCGTTCAT-3'). Амплификацию гена 16S рНК проводили с консервативными эубактериальными праймерами 8F (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG -3') и 1492R (5'- ACG GCT ACC TTG TTA CGA CTT -3'). Режим ПЦР состоял из начальной денатурации - 95°C, 5 мин и последующих 30 циклов. Для рестрикции брали 10 мкл ПЦР-смеси. Реакцию проводили при 37°C (*Hae*III, *Hha*I, *Msp*I). Электрофорез проводили в 2% агарозном геле в 0,5x TBE буфере в течение 2 часов. Видовую идентификацию ризосферных изолятов проводили методом ARDRA (Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis – Рестрикционный Анализ Амплифицированной Рибосомальной ДНК) сравнивая рестрикционные профили тестируемых штаммов с таковыми у коллекционных типовых культур микроорганизмов рода *Pseudomonas* и филогенетически близких родов (Weisburg W.G. et al, 1991).

Для бактериальной инокуляции использовали суточную бактериальную суспензию с титром 10^8 КОЕ в мл. Семена замачивали непосредственно перед посевом на три часа, подсушивали до влажности 15-16%. В контроле семена обрабатывали стерильной водопроводной водой.

Наблюдения за развитием эндомикоризного гриба в почве до внедрения в корень проводили с использованием мембранных фильтров. Для нанесения на фильтры везикулы гриба выделяли из микоризованных корней плектрангуса (*Plectranthus austrelis*) методом градиентного центрифугирования в растворе сахарозы (Kozlova et al., 2000).

Определение в ризосфере сорго количества сахаров осуществлялось путем их экстрагирования из фильтров 80%-м этанолом. Экстракт окрашивали дифениламином, определяли оптическую плотность раствора на фотоэлектрокалориметре и рассчитывали концентрацию экстрагированных сахаров (Аронов, 1959).

Количественный учет эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* в корнях растений по всем вариантам в опытах проводили по модифицированному методу Травло, позволяющему получить наиболее полную количественную характеристику развития всех структур гриба в корне. Для окрашивания эндомикоризных грибов в корнях растений использовали метод, требующий предварительной мацерации корней. (Trauvelot et al., 1986). Окрашивание проводили по методу Крюгера (Крюгер и др., 1968). Изучение влияния инокуляции бактериями рода *Pseudomonas* и эндомикоризного гриба рода *Glomus intraradices* на продуктивность сорговых культур в зависимости от почвенных условий проводили в условиях полевых экспериментов на различных типах почв - на луговой среднесоленой, тяжелосуглинистой почвой с хлоридно-

сульфатным типом засоления и на черноземе выщелоченном малогумусном, сверхмощном.

ГЛАВА 3 ВЫДЕЛЕНИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА АБОРИГЕННЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS*

Из ризосферы зернового и сахарного сорго, выращенного на черноземе выщелоченном, были выделены и протестированы на селективных средах 67 бактериальных изолятов. По результатам высева отобрано 20 изолятов ризосферных бактерий, близких по фенотипическим характеристикам к флюоресцирующим псевдомонадам.

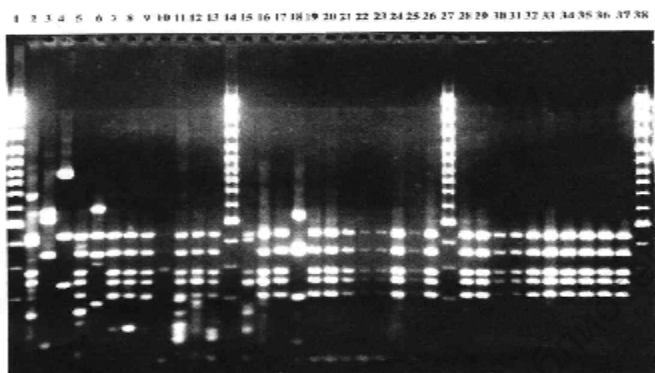
3.1 Выделение и видовая идентификация аборигенных псевдомонад из ризосферы сорго

Видовую идентификацию ризосферных изолятов проводили методом ARDRA, сравнивая рестрикционные профили тестируемых штаммов с таковыми у коллекционных типовых культур микроорганизмов рода *Pseudomonas* и филогенетически близких родов (рисунок 1). Полученные профили рестрикции ДНК были распределены по 13 группам в случаях с эндонуклеазой рестрикции *HhaI* и 12 группам в случае с эндонуклеазой рестрикции *HaeIII*.

Профили рестрикционных фрагментов ДНК у изолятов №№ 1, 3, 7, 11, 13, 14, 17, 29, 30, 33, 42, 44, 53, 62, 66 совпадают с профилем типового штамма *Pseudomonas fluorescens* B894, что позволяет отнести эти штаммы к этому же виду. Профили рестрикционных фрагментов ДНК у изолятов №9, №36 и №41, вероятно, представляют близкий к *Pseudomonas fluorescens* вид флюоресцирующих псевдомонад. Изолят №2 демонстрирует уникальный профиль рестрикционных фрагментов ДНК, как в случае рестрикции эндонуклеазой *HhaI*, так и в варианте с рестрикцией эндонуклеазой *HaeIII*. Это согласуется с физиолого-биохимическими характеристиками этого изолята, выявленными в процессе предварительного тестирования изолятов на селективных средах (отличия в морфологии колоний).

3.2 Определение фитостимулирующей активности выделенных штаммов

Фосфат-растворяющие свойства изолятов были определены на синтетической агаризованной среде с гидроксилатапитом (ГАП). Темные пятна на среде - прозрачные зоны растворения ГАП в местах высева изолятов с фосфатсолубилизирующими свойствами. Зоны просветления образовывали 12 штаммов лабораторные номера 1, 3, 7, 17, 29, 30, 33, 42, 44, 53, 62, 66, что свидетельствует о растворении гидроксилатапита и о возможности данных штаммов улучшать фосфорное питание за счет повышения концентрации экзогенных фосфатов путем растворения минеральных фосфатов продуцируемыми ими фосфат-растворяющими кислотами.



1. GR 100bp	20. 7
2. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> PAO1	21. 9
3. <i>Camomonas testosteroni</i> B1241	22. 11
4. <i>Alcaligenes eutrophus</i> B1333	23. 13
5. <i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> B1295	24. 14
6. <i>Pseudomonas caryophyllus</i> B1296	25. 17
7. <i>Pseudomonas chlororaphis</i> B1246	26. 29
8. <i>Pseudomonas aureofaciens</i> B1249	27. GR 100bp
9. <i>Pseudomonas aureofaciens</i> BS1393	28. 30
10. <i>Pseudomonas corrugata</i> SPB2184	29. 33
11. <i>Pseudomonas putida</i> B899	30. 36
12. <i>Pseudomonas fluorescens</i> SPB2137	31. 41
13. <i>Agrobacterium tumifaciens</i> SPB3066	32. 42
14. GR 100bp	33. 44
15. <i>Pseudomonas fluorescens</i> 38a	34. 53
16. <i>Pseudomonas fluorescens</i> 894	35. 62
17. 1	36. 66
18. 2	37. 67
19. 3	38. GR 100bp

Рисунок 1 – Результаты гидролиза амплифицированного фрагмента гена 16S рРНК эндонуклеазой рестрикции *Hha*I. Электрофорез в 2%-ном агарозном геле(FMC).

3.3 Антагонистическая активность аборигенных псевдомонад по отношению к фитопатогенным грибам

Антагонистические свойства исследуемых изолятов были определены по отношению к тестерным культурам фитопатогенных грибов: *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum* и *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* 1818. Выявлено 14 штаммов подавляющих рост данных фитопатогенов - лабораторные номера 1, 3, 7, 9, 11, 13, 14, 17, 30, 33, 36, 41, 62, 67. Зоны подавления роста тестерных фитопатогенных грибов *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* 1818, *Fusarium graminearum*, *Fusarium graminearum* образовывали три штамма псевдомонад с лабораторными номерами 11, 13, 17. Данные штаммы были отобраны для дальнейших исследований по оценке стимулирующего действия на рост и развитие растений сорговых культур в лабораторных и полевых условиях.

3.4 Идентификация антибиотиков у выделенных штаммов

Выявленное отсутствие фрагментов ДНК амплифицированных, с помощью праймеров, комплементарных к наиболее консервативному локусу *phz*-оперона (ген *phzD*), указывает на отсутствие систем синтеза феназина и его производных у тестируемых штаммов. Таким образом, антагонистические свойства штаммов *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17 обусловлены другими антибиотическими веществами, предположительно флороглюцинами, пиолотеорином или пирролнитрином.

В результате проведенных исследований выделены и идентифицированы 3 штамма ризосферных псевдомонад – *P. fluorescens* 11, *P. fluorescens* 13, *P. fluorescens* 17 подавляющих развитие всех тестируемых фитопатогенных грибов и способных растворять гидроксилалатит за счет продукции кислот.

3.5 Скрининг аборигенных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* по ростостимулирующей активности

В лабораторных условиях выявлено положительное влияние бактериализации семян штаммами *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17 проявилось по всем исследуемым хозяйственным группам сорговых культур в увеличении всхожести семян на 10-30% по сравнению с контролем. Инокуляция аборигенными штаммами псевдомонад достоверно увеличивала длину и вес корней и проростков. Поражение семенной инфекцией в вариантах с обработкой бактериальными штаммами снижалось от 27 до 60 % в зависимости от сорта сорго и варианта инокуляции. Ингибирующего воздействия исследуемых штаммов на прорастание семян и развитие проростков исследуемых сортов сорговых культур, а также специфичности по хозяйственным группам сорго не выявлено.

3.6 Влияние перспективных аборигенных штаммов псевдомонад на продуктивность сорго в полевых условиях

Данные полевых экспериментов продемонстрировали увеличение продуктивности сорговых культур при бактеризации семян перед посевом штаммами *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17 (таблица 1).

Полученные данные позволяют рекомендовать предпосевную обработку семян всех хозяйственных групп сорговых культур бактеральными штаммами *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17, проявившим высокую ростостимулирующую и антагонистическую активность, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Таблица 1 - Урожайность фитомассы, т/га (тип почвы – чернозем выщелоченный, экспериментальная база ВНИИБЗР, 2003-2004гг)

Вариант инокуляции семян	Сорта хозяйственных групп сорговых культур		
	Пищевое 227 (зерновое сорго)	Северное 44 (сахарное сорго)	Геркулес 3 (сорго-суданковый гибрид)
Контроль (без инокуляции)	13,2	40,5	57,1
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 11	16,7	41,6	62,0
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 13	15,8	42,4	62,7
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 17	16,0	41,7	63,2
НСР _{0,05}	0,2	0,3	0,5

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН КОЛЛЕКЦИОННЫМИ ШТАММАМИ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS* НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР

Используемые в данной работе штаммы *Pseudomonas aureofaciens* BS1393 – продуцент феназина, *Pseudomonas fluorescens* 38a – продуцент пиолотеорина, *Pseudomonas fluorescens* 7Н – продуцент 2,4-диацетилфлороглюцина, были выделены из ризосферы зерновых культур (пшеница, ячмень), выращенных на дерново-подзолистом типе почв Московской области.

4.1 Влияние штаммов *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, *Pseudomonas fluorescens* 38a, *Pseudomonas fluorescens* 7Н на прорастание семян сорговых культур

Оценка реакции сортов различных хозяйственных групп сорговых культур на инокуляцию вышеуказанными штаммами продемонстрировала высокую ростостимулирующую активность штаммов при бактеризации семян. В лабораторных условиях, при инокуляции семян исследуемыми штаммами, всхожесть увеличивалась на 15- 30 %, поражение семенной инфекцией максимально снижалась на 62 % (в варианте с инокуляцией сорго-суданкового гибрида Геркулес3 бактеральным штаммом *P. aureofaciens* BS1393).

4.2 Антифунгальная активность коллекционных штаммов

Антагонистические свойства исследуемых штаммов были определены по отношению к тестерным культурам фитопатогенных грибов *Rhizoktonia*, *Verticillium alba-atrum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium heterosporum*, *Gaemannomyces graminis* var. *tritici* 1818, *Gaemannomyces graminis* var. *tritici* 119(2), часто встречающихся в патогенной микрофлоре семян сорговых культур. Все исследованные штаммы проявили высокую антагонистическую активность и вызывали подавление роста и лизис мицелия тестируемых фитопатогенных грибов, что свидетельствует эффективности инокуляции семян сорговых культур бактериальными штаммами и в качестве защиты от фитопатогенных грибов.

4.3 Влияние предпосевной бактериализации семян на продуктивность зернового сорго

В полевых условиях были полученные данные, свидетельствующие о положительном влиянии инокуляции семян зернового сорго штаммами псевдомонад на его продуктивность (таб 2, 3). Варианты инокуляции: 1 - контроль (без инокуляции); 2 - инокуляция штаммом *Pseudomonas fluorescens* 38a; 3 - инокуляция штаммом *Pseudomonas fluorescens* 7H; 4 - инокуляция штаммом *Pseudomonas aureofaciens* BS1393).

Таблица 2 - Густота стояния и коэффициент кустистости гибрида зернового сорго гибрида Пищевое 227

Показатель	Вариант обработки семян			
	1	2	3	4
Густота стояния растений на 1 га, тыс.	159,4	166,3*	165,7*	166,7*
Коэффициент общей кустистости	1,0	1,4*	1,4*	1,6**
Коэффициент продуктивной кустистости	0,7	1,1*	1,1*	1,1*

*Различие достоверно по сравнению с контролем при $P=0,05$;

** Различие достоверно по сравнению с вариантом обработки при $P=0,05$

Таблица 3 - Структура биологического урожая зернового сорго гибрида Пищевое 227

Варианты	% зерна в урожае		Масса 1000 зерен	Биологический урожай, т/га		Отношение зерна к листовидной массе
	с основного стебля	с побочных стеблей		зерна	листовидной массы	
1	72	28	21,0	3,25	8,8	1:2,7
2	70*	30*	23,5*	4,20*	10,1*	1:2,4*
3	65*	35*	23,6*	4,12*	10,1*	1:2,5*
4	70*	30*	23,9**	4,41**	10,4**	1:2,4*

*Различие достоверно по сравнению с контролем при $P=0,05$;

** Различие достоверно по сравнению с вариантом обработки при $P=0,05$

4.4 Влияние инокуляции семян коллекционными штаммами на урожайность фитомассы сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов

Данные полевых экспериментов продемонстрировали стимулирующее действие инокуляции семян штаммами PGPR бактерий рода *Pseudomonas* на повышение продуктивности сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние ризосферных бактерий на урожайность сахарного сорго Северное 44 и сорго-суданкового гибрида Геркулес 3 (среднее за 2002 – 2004 гг., тип почвы – чернозем выщелоченный)

Вариант опыта	Биометрические показатели			
	Северное 44		Геркулес 3	
	высота растений, см	урожайность зеленой массы, т/га	высота растений, см	урожайность зеленой массы, т/га
контроль	204	41,3	223,5	58,3
<i>Pseudomonas aureofaciens</i> BS1393	218,9	45,8	236,9	63,0
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 7H	209,7	42,9	229,1	60,4
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 38a	210,2	44,7	240,6	66,9
HCP _{0,05}	0,8	0,3	0,9	0,5

Сахарное сорго Северное 44 при формировании урожая в большей степени отзывалось на инокуляцию штаммом *P. aureofaciens* BS1393, сорго-суданковый гибрид Геркулес 3 максимальную прибавку урожая зеленой массы показал в варианте с предпосевной обработкой семян штаммом *P. fluorescens* 38a.

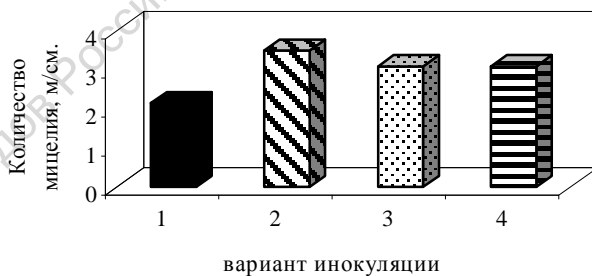
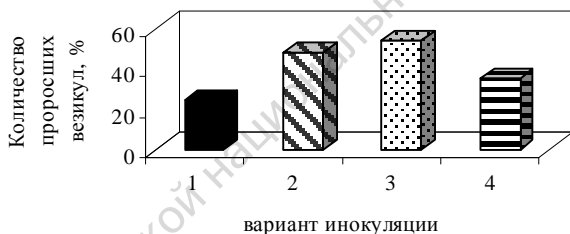
ГЛАВА 5 ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS* НА РАЗВИТИЕ ЭНДОМИКОРИЗНОГО ГРИБА *GLOMUS INTRARADICES*

5.1 Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на развитие эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* до его внедрения в корни растения

Исследуемые штаммы бактерий рода *Pseudomonas* оказывали стимулирующее действие на развитие структур гриба *Glomus intraradices* в почве до внедрения в корни растений. Количество проросших везикул при совместной инкубации гриба и бактерий возросло в 1,4-2,4 раза по сравнению с контролем, где присутствовал только эндомикоризный гриб (рисунок 3). Эндомикоризный гриб

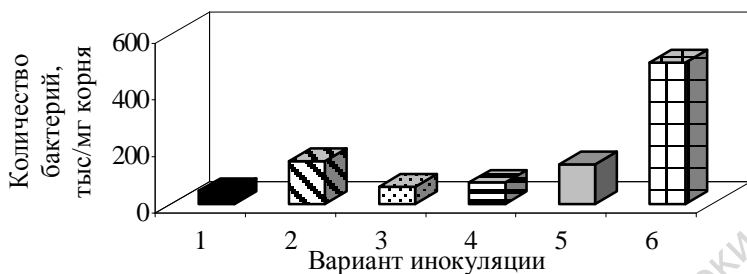
оказывал положительное влияние на развитие бактерий на корнях сорго. В присутствии гриба *Glomus intraradices* численность бактерий заметно возрастала. Особенно четко эта тенденция проявилась при совместной инкубации гриба *G. intraradices* с *P. fluorescens* 7Н и *P. aureofaciens* BS1393, когда количество бактерий возросло в 3,7 и 3,5 раза соответственно, по сравнению с контролями, где растения были обработаны только бактериальными штаммами (рисунок 4).

Анализ фильтров, на которых развивались проростки, инокулированные микроорганизмами, показал, что в присутствии бактериальных штаммов резко возрастало количество адсорбированных на фильтрах углеводов по сравнению с вариантом, где на фильтре присутствовал только эндомикоризный гриб. Максимальное увеличение количества сахаров обнаружено при инокуляции сорго штаммом *P. fluorescens* 38а. В этом варианте количество углеводов возросло в 45 раз по сравнению с таковым на фильтрах с эндомикоризным грибом. При инокуляции растений бактериальным штаммом *P. aureofaciens* BS1393 уровень сахаров увеличился в 5-5,5 раз (рисунок 5).



- 1 - *Glomus intraradices* (штамм 7); 2 - *Pseudomonas fluorescens* 38а;
3 - *Pseudomonas aureofaciens* BS1393; 4 - *Pseudomonas fluorescens* 7Н

Рисунок 3 – Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на развитие эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* в почве до внедрения в корень



1 - *Pseudomonas fluorescens* 38a; 2 - *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38a; 3 - *Pseudomonas fluorescens* 7Н; 4 - *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 7Н; 5 - *Pseudomonas aureofaciens* BS1393; 6 - *Glomus intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393.

Рисунок 4 - Влияние эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* на количество бактерий рода *Pseudomonas* на корнях сорго.



1 - *Glomus intraradices*; 2 - *Pseudomonas aureofaciens* BS1393; 3 - *Pseudomonas fluorescens* 7Н; 4 - *Pseudomonas fluorescens* 38a.

Рисунок 5 - Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на количество сахаров в корневых выделениях растений сорго

При совместной инокуляции сорго эндомикоризным грибом и бактериями, проявилось специфическое действие каждой пары микроорганизмов на развитие растений.

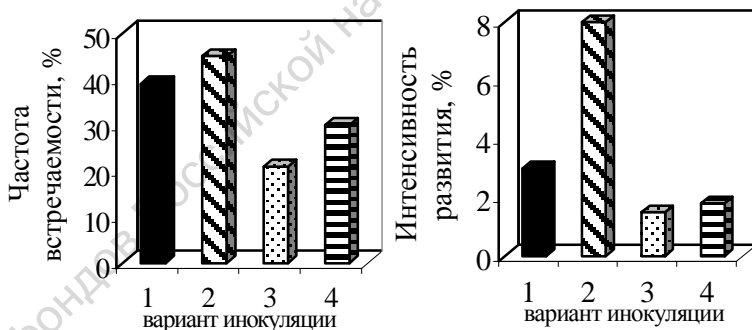
Пары *G. intraradices*-*P. fluorescens* 7Н и *G. intraradices*-*P. aureofaciens* BS1393 положительно влияли на развитие проростков.

На вес надземной части наиболее значительное стимулирующее действие оказывала пара *G. intraradices* + *P. aureofaciens* BS1393: в этом варианте вес надземной части был выше, чем в контроле без инокуляции, и выше, чем при заражении растений микроорганизмами в отдельности. Противоположное действие на развитие проростков оказывала пара *G. intraradices* + *P. fluorescens* 38a. Ее влияние носило выраженный угнетающий характер, проявившийся в снижении всех

биометрических показателей, как по сравнению с контролем без инокуляции, так и с вариантами, где растения были инокулированы каждым микроорганизмом в отдельности. Особенно ярко ингибирующее действие пары проявилось на фоне показателей, полученных при заражении растений только штаммом *P. fluorescens* 38a: инокуляция одной бактерией приводила к сильной стимуляции роста растений, тогда как бактерия в паре с эндомикоризным грибом резко угнетала развитие сорго.

5.2 Ростостимулирующее влияние комплексной инокуляции семян грибом *Glomus intraradices* и бактериями рода *Pseudomonas* на развитие проростков сорго

Учет микоризной инфекции в корнях сорго показал, что максимальное развитие гриба *Glomus intraradices* и самая высокая интенсивность развития микоризной инфекции наблюдались в варианте, где растения были заражены грибом и штаммом *P. fluorescens* 38a. была. Причем, показатель интенсивность развития был значительно выше, чем таковой при заражении сорго только штаммом гриба. Под действием бактерий *P. fluorescens* 7Н и *P. aureofaciens* BS1393 произошло снижение как частоты встречаемости микоризной инфекции в корнях, так и интенсивности ее развития по сравнению с вариантом, где растения были инокулированы только *Glomus intraradices* (рисунок 6)



1 - *Glomus intraradices*; 2 - *Pseudomonas fluorescens* 38a;
3 - *Pseudomonas aureofaciens* BS1393; 4 - *Pseudomonas fluorescens* 7H.

Рисунок 6 - Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на развитие эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* в корнях сорго

5.3 Взаимное влияние эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* и бактерий рода *Pseudomonas* в риосфере сорго при совместной инокуляции

Нами выявлено, что эндомикоризный гриб *Glomus intraradices* и бактерии рода *Pseudomonas* оказывали взаимное влияние на развитие

друг друга. Под действием гриба увеличилось количество бактерий на корнях проростков сорго. Бактериальные штаммы, в свою очередь, стимулировали прорастание везикул и развитие мицелия *G. intraradices* в почве до внедрения его в корень. Стимуляция развития гриба при совместном внесении с штаммом *P. fluorescens* 38a связана с увеличением количества сахаров, поступающих в почву с корневыми выделениями. При этом действие являлось не прямым, а опосредованным через растение, у которого в присутствии бактерий увеличивалось количество поступающих в почву углеводов, стимулирующих развитие гриба. Помимо положительного влияния на протекание сапротрофной стадии развития *G. intraradices*, штамм *P. fluorescens* 38a оказывал стимулирующее действие на развитие гриба в корнях сорго. Частота встречаемости и, в особенности, интенсивность развития *G. intraradices* в корнях была значительно выше в присутствии штамма *P. fluorescens* 38a, чем при заражении сорго только грибом. При этом, пара *G. intraradices* – *P. fluorescens* 38a оказалась неэффективной из-за очень высокого уровня развития структур гриба, в результате чего он потреблял необходимые растению углеводы и выступал как паразит. При совместной инокуляции сорго бактериями *P. fluorescens* 7Н, *P. aureofaciens* BS1393 и *G. intraradices* соотношение численности микроорганизмов было оптимальным для улучшения развития сорго.

ГЛАВА 6 ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БАКТЕРИЯМИ РОДА *PSEUDOMONAS* И ГРИБОМ *GLOMUS INTRARADICES* НА ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

Экспериментальные данные продемонстрировали значительное снижение урожайности сахарного сорго и сорго-суданкового гибрида при возделывании на деградированных почвах по отношению к урожайности тех же сортов, полученной на черноземах выщелоченных в контрольных вариантах (рисунок 7,8).

В целом, исследуемые сорта положительно отзывались на инокуляцию бактериями рода *Pseudomonas* и грибом *Glomus intraradices* как при использовании каждого микроорганизма в отдельности, так и при двойной инокуляции. Снижение урожайности по всем исследуемым сортам по сравнению с контролем без инокуляции и вариантами внесения микроорганизмов в отдельности было отмечено в варианте *G. intraradices* + *P. fluorescens* 38a независимо от почвенных условий. Данные, полученные в полевых условиях подтверждают лабораторные и вегетационные исследования и демонстрируют неэффективность симбиоза в варианте с двойной инокуляцией *G. intraradices* + *P. fluorescens* 38a как на черноземе выщелоченном, так и на луговых почвах.

двух типах почв - луговой среднесоленной, тяжелосуглинистой и черноземе выщелоченном.

6.1.1 Интенсивность микоризации и формирование структур гриба *Glomus intraradices* под действием псевдомонад на черноземе выщелоченном

В годы исследований наибольшую стабильность действия на интенсивность развития микоризной инфекции при микоризации грибом *Glomus intraradices* (штамм 7) по исследуемым сортам зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов на черноземе выщелоченном показал бактериальный штамм *Pseudomonas aureofaciens* BS1393. Максимальная урожайность при совместной инокуляцией штаммами бактерий и гриба получена по всем исследуемым сортам получена в варианте с парой *Glomus intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393 (таблица 5).

Таблица 5 - Урожайность зеленой массы сортов сорговых культур в зависимости от варианта инокуляции, т/га (чернозем выщелоченный)

Вариант инокуляции				
Контроль (без инокуляции)	<i>Glomus intraradices</i> (штамм 7)	<i>G. intraradices</i> + <i>Pseudomonas aureofaciens</i> BS1393	<i>G. intraradices</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> 7H	<i>G. intraradices</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> 38a
Гибрид Пищевой 227				
12,35 ± 0,11	15,40 ± 0,7	20,90 ± 0,53	17,30 ± 0,61	10,63 ± 0,24
Северное 44				
40,40 ± 0,26	44,30 ± 0,25	48,90 ± 0,22	45,20 ± 0,32	39,0 ± 0,43
Геркулес 3				
56,30 ± 0,15	60,97 ± 0,12	64,75 ± 0,27	63,44 ± 0,20	52,80 ± 0,31

В данном варианте соотношение структур гриба - интенсивности развития микоризной инфекции в корнях растений 77,6-79,8%, развитию уровня везикул 8,6–22,3 % и арбускул 6,9–18,2 % в микоризованной части корня является оптимальным для увеличения урожая фитомассы сорговых культур в условиях чернозема выщелоченного. Неэффективной оказалась пара *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38a.

6.1.2 Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на формирование структур эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* на деградированных почвах рисовых чеков

В экстремальных условиях деградированных почв исследуемый гриб *Glomus intraradices* (штамм 7) проявил высокую активность. Штаммы бактерий рода *Pseudomonas* проявили стимулирующие

действие на развитие структур гриба в корнях растений сорго. Сравнение урожайности по вариантам (таблица 6) и развитие структур гриба и позволило сделать вывод, что и в условиях деградированных, засоленных почв рисовых чеков оптимальное соотношение структур гриба формируется в варианте *Glomus intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393. Штамм *Pseudomonas fluorescens* 38a максимально увеличивает развитие микоризной инфекции в корнях растений, что ведет к снижению продуктивности сорго в варианте с парой *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38a на луговых почвах, вследствие конкуренции гриба и растения за питательные вещества.

Таблица 6 - Урожайность зеленой массы сортов сорговых культур в зависимости от варианта инокуляции, т/га (луговые почвы)

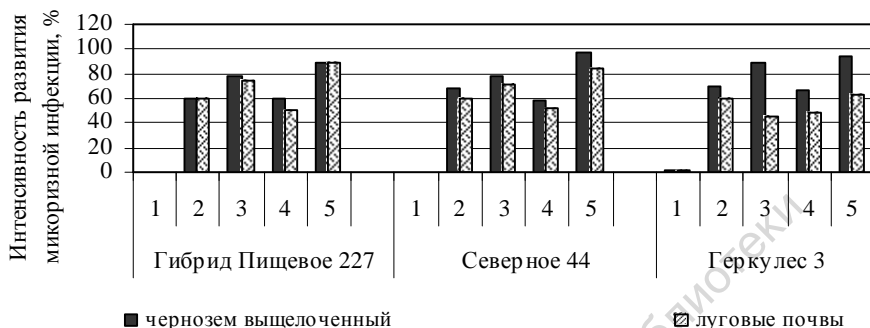
Вариант инокуляции				
Контроль (без инокуляции)	<i>Glomus intraradices</i> (штамм 7)	<i>Glomus intraradices</i> + <i>Pseudomonas aureofaciens</i> BS1393	<i>Glomus intraradices</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> 7H	<i>Glomus intraradices</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> 38a
Гибрид Пищевой 227				
8,20 ± 0,10	9,8 ± 0,16	11,9 ± 0,08	10,1 ± 0,16	7,5 ± 0,21
Северное 44				
23,30 ± 0,24	31,0 ± 0,20	37,9 ± 0,36	31,2 ± 0,15	20,4 ± 0,43
Геркулес 3				
28,9 ± 0,09	49,7 ± 0,59	54,2 ± 0,25	50,0 ± 0,44	26,1 ± 0,17

6.2 Сравнение развития структур гриба *Glomus intraradices* в зависимости от типа почв и варианта инокуляции штаммами псевдомонад

Сравнение данных по количественной оценке развития структур исследуемого гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) в условиях черноземов выщелоченных и почв луговых средnezасоленных, тяжелосуглинистых выявило, что тип почвы не оказывал существенного влияния на интенсивность развития гриба в корнях растений всех исследуемых групп сорго (рисунок 9).

Анализ данных по микоризации сорговых культур, полученных на обоих типах почв показывает высокую активность гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) не зависимо от почвенных условий. Стабильность, проявляемая эндомикоризным грибом как в хорошо окультуренных почвах, так и в почвах, подверженных процессам деградации, открывает широкие возможности в применении как препаратов на его основе, так и в комплексе с бактериальными препаратами на основе штаммов PGPR бактерий рода *Pseudomonas* с

целью увеличения адаптационной способности сортов сорговых культур к конкретным почвенно-климатическим условиям.



1 – контроль; 2 - *Glomus intraradices* (штамм 7); 3 - *G. intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393; 4 - *G. intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 7Н; 5 - *G. intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38а

Рисунок 9 - Сравнение интенсивности развития микоризной инфекции по сортам в зависимости от типа почв и варианта инокуляции

ВЫВОДЫ

1. Впервые из ризосферы зернового и сахарного сорго выделены и идентифицированы 67 изолятов, из числа которых методом скрининга отобраны 3 аборигенных штамма псевдомонад: *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17, обладающие высокой антагонистической и ростостимулирующей активностью.

2. Экспериментально доказано, что предпосевная обработка семян всех хозяйственных групп сорговых культур выделенными бактериальными штаммами позволяет достоверно увеличить от 5% до 26,5 % урожайность фитомассы сортов сорго при возделывании их на черноземе выщелоченном.

3. Выявлена высокая ростостимулирующая активность коллекционных штаммов *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, *Pseudomonas fluorescens* 38а, *Pseudomonas fluorescens* 7Н при бактеризации семян сорговых культур. Предпосевная инокуляция семян зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов увеличивает их урожайность от 11% до 23% в соответствии с сортоспецифической реакцией растений сорго.

4. Анализ ростостимулирующей и антибиотической активности коллекционных и аборигенных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* показал, что выделенные местные штаммы не уступают по данным показателям коллекционным и являются перспективными биоагентами для создания ростостимулирующих и защитных бактериальных препаратов на их основе.

5. Изучение взаимоотношения эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* и штаммов *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, *Pseudomonas fluorescens* 38a, *Pseudomonas fluorescens* 7H в почве до внедрения в корни и в корнях растений сорго выявило положительное взаимодействие этих микроорганизмов, способствующее более интенсивному их росту и развитию.

6. При комплексной инокуляции сорго эндомикоризным грибом *Glomus intraradices* и бактериями рода *Pseudomonas* выявлена закономерность интенсивности развития растений от уровня развития гриба. Активизация развития микоризной инфекции, вызванная чрезмерным стимулирующим действием бактериального штамма *Pseudomonas fluorescens* 38a, создает конкуренцию за легкодоступные углеводы гриба с растением, приводя к его угнетению. Это явление необходимо учитывать при совместном применении биопрепаратов на основе данных микроорганизмов.

7. Выявлена наиболее эффективная пара микроорганизмов для комплексной инокуляции: *Glomus intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, способствующая формированию оптимального уровня структур эндомикоризного гриба и проявляющая стабильность действия при инокуляции по всем хозяйственным группам сорговых культур как на черноземах выщелоченных, так и на луговых среднесоленых почвах.

8. Использование комплекса микроорганизмов: эндомикоризный гриб *Glomus intraradices* (штамм 7) и штамм *Pseudomonas aureofaciens* BS1393 при возделывании трех хозяйственных групп сорго (зерновое, сахарное сорго и сорго-суданковые гибриды) на деградированных почвах рисовых чеков позволяет получить урожайность исследуемых сортов на уровне контрольных вариантах на черноземе выщелоченном.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для создания ростстимулирующих и защитных бактериальных препаратов использовать перспективные аборигенные штаммы псевдомонад: *Pseudomonas fluorescens* 11, *Pseudomonas fluorescens* 13, *Pseudomonas fluorescens* 17.

2. Применять предпосевную обработку семян зернового, сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов бактериальной суспензией штаммов псевдомонад с титром не менее 10^8 КОЕ в мл для увеличения урожайности данных хозяйственных групп сорговых культур при возделывании на черноземе выщелоченном.

3. Учитывать специфическое действие штаммов бактерий рода *Pseudomonas* на рост и развитие эндомикоризных грибов при подборе компонентов предпосевной инокуляции сорговых культур.

4. На деградированных почвах рисосеющей зоны Краснодарского края использовать способ фитомелиорации, включающий три компонента: растение (сорта зернового, сахарного сорго и сорго-суданкового

гибрида) – эндомикоризный гриб (*Glomus intraradices* (штамм 7)) – ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* (штамм *Pseudomonas aureofaciens* BS1393), позволяющий достигать урожайности сорговых культур, полученной на плодородных почвах. Разработанный прием позволяет проводить почвоулучшающие мероприятия на деградированных почвах рисовых чеков без вывода данных земель из сельскохозяйственного пользования хозяйств.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кочетков В.В. Перспективы использования цеолитно-микробных композиций в системе защиты растений / В.С. Белоусов, О.А. Дудик // Современные технологии и перспективы использования экологически безопасных средств защиты растений и регуляторов роста: тезисы докладов участников III семинара-совещания / Москва, 2001. – С. 73-74
2. Использование ризосферных бактерий и эндомикоризных грибов в новых агротехнологиях / О.А. Дудик, Н.М. Лабутова, В.В. Кочетков, В.С. Белоусов // Защита растений на рубеже XXI века: материалы науч.-практ. конф., посвященной 30-летию БелНИИЗР/ БелНИИЗР. – Минск, 2001. – С. 372 - 374
3. Дудик О.А. Выделение и идентификация бактерий рода *Pseudomonas* из ризосферы сорго / О.А. Дудик // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: IV-я Рег. науч.-практ. конф. молодых ученых / КубГАУ. – Краснодар, 2002. – С. 133-134
4. Влияние инокуляции эндомикоризным грибом *Glomus intraradices* и ризосферными бактериями рода *Pseudomonas* на продуктивность суданской травы в разных типах почв/ В.С. Белоусов, Н.М. Лабутова, О.А. Дудик, В.В. Кочетков // Современная микология в России: первый съезд микологов России/ Национальная академия микологии. – Москва, 2002. – С. 176-177
5. Дудик О.А. Увеличение продуктивности сорговых культур при водельвании на черноземе выщелоченном / О.А. Дудик // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: V-я Рег. науч.-практ. конф. молодых ученых / КубГАУ. – Краснодар, 2003. – С. 88-89
6. Soil rehabilitation in Krasnodar regions rice-producing zona / V.S. Belousov, N.M. Labutova, O.A. Dudik, V.V. Kochetkov, V.D. Nadykta // Biochemical interactions of microorganisms and plants with technogenic environmental pollutants: abstract book International symposium/ Saratov, 2003. – С. 8-9
7. Influence of *Pseudomonas* on endomycorrhizal fungus *Glomus intraradices* development in sorghum rhizosphere/ N.M. Labutova, V.V. Kochetkov, O.A. Dudic, V. S. Belousov // Molecular Plant-Microbe Interactions: New bridges between Past and Future: volume of abstracts 11-th International Congress on Molecular plant-Microbe Interactions / St. – Petersburg, 2003. – С. 347

8. Дудик О.А. Повышение плодородия деградированных почв рисосеющей зоны Краснодарского края / О.А. Дудик // Современное состояние и приоритеты развития фундаментальных наук в регионах: науч. конф. молодых ученых и студентов / Краснодар, 2004. – С. 67-68
9. Влияние предпосевной инокуляции семян на урожайность сахарного сорго/ О.А. Дудик, В.С. Белоусов, Н.М. Лабутова, В.В. Кочетков // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы докладов Междунар. науч.-практ. конф. / ВНИИБЗР. - Краснодар, 2004 – Вып. №2. –С.410-414
10. Дудик О.А. Использование растительно-микробных комплексов для фитомелиорации деградированных почв рисосеющей зоны Краснодарского края / О.А. Дудик // Проблемы биодеструкции техногенных загрязнителей окружающей: Материалы междунар. конф. / ИБФРМ РАН/ Саратов, 2005. – С. 69
11. Дудик О.А. Количественная оценка структур гриба *Glomus intraradices* в корнях сорговых культур в зависимости от варианта бактериальной инокуляции / О.А.Дудик // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: VII-я Рег. науч.-практ. конф. молодых ученых / КубГАУ. – Краснодар, 2005. – С. 87-88
12. Дудик О.А. Взаимодействие эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* и бактерий рода *Pseudomonas* в ризосфере сорго/ О.А.Дудик // Стратегия взаимодействия микроорганизмов и растений с окружающей средой: Материалы III межрегион. конф. молодых ученых / ИБФРМ РАН / Саратов, 2006. – С. 25
13. Дудик О.А. Взаимоотношение гриба *Glomus intraradices* и штаммов бактерий рода *Pseudomonas* в ризосфере зернового, сахарного сорго и сорг-суданковых гибридов / О.А. Дудик, В.В. Кочетков, Н.М. Лабутова// Агро XXI. – 2006. – № 7-9. – С. 22 – 24
14. Взаимоотношения бактерий рода *Pseudomonas* и эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* в ризосфере сорго / Н.М. Лабутова, О.А. Дудик, В.В. Кочетков, В.С. Белоусов, А.М. Боронин // Микология и Фитопатология. – 2006. – Том 40. – Вып.1. – С. 66 - 73