

ВЗАИМОТНОШЕНИЕ ГРИБА *GLOMUS INTRARADICES* И ШТАММОВ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS* В РИЗОСФЕРЕ ЗЕРНОВОГО, САХАРНОГО СОРГО И СОРГО-СУДАНКОВЫХ ГИБРИДОВ

О.А. Дудик, Всероссийский НИИ биологической защиты растений,
В.В. Кочетков, Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН,
Н.М. Лабутова, Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии

В настоящее время наиболее перспективное направление в биологизации производства растениеводческой продукции — применение многокомпонентных микробиологических стимуляторов роста растений, средств защиты и удобрений.

Наиболее перспективные биоагенты для создания эффективных многокомпонентных препаратов — везикулярно-арбускулярные микоризные (ВАМ) грибы и виды ростостиму-

лирующих псевдомонад Plant Growth-Promoting Rhizobacteria *Pseudomonas* (PGPR). Положительное действие ВАМ грибов проявляется в стимуляции роста сельскохозяйственных растений за счет увеличения поглощения лимитированных в почве питательных веществ. Наиболее изученным является усиление поглощения растениями труднодоступных форм фосфора из почвы при инокуляции эндомикоризными грибами.

Проблема фосфора остается одной из самых острых в земледелии, что объясняется ограниченным геологическим запасом этого элемента и прочным связыванием его в почве при внесении с удобрениями. Именно поэтому усвояемость сельскохозяйственными растениями фосфора удобрений не превышает 25%, а подавляющее его количество фиксируется почвой, превращаясь в труднодоступные для растений фосфаты. Культурные почвы могут содержать 10—20 и даже до 30 т/га фосфора в пахотном слое, но доступность его растениям может быть весьма низкой.

Положительное действие ВАМ особенно наглядно проявляется в почвах с недостатком фосфора. В некоторых случаях инокуляция эндомикоризными грибами позволяет сэкономить 25—50% фосфорных удобрений. Эндомикоризные ВАМ грибы являются также высокоэффективными биоагентами — супрессорами почвенных фитопатогенов.

Род *Pseudomonas* — одна из наиболее изученных групп бактерий-антагонистов почвенных фитопатогенов. Все известные к настоящему времени механизмы положительного влияния псевдомонад на растения можно условно разделить на два типа. Это прямая, или непосредственная, стимуляция роста растений за счет синте-

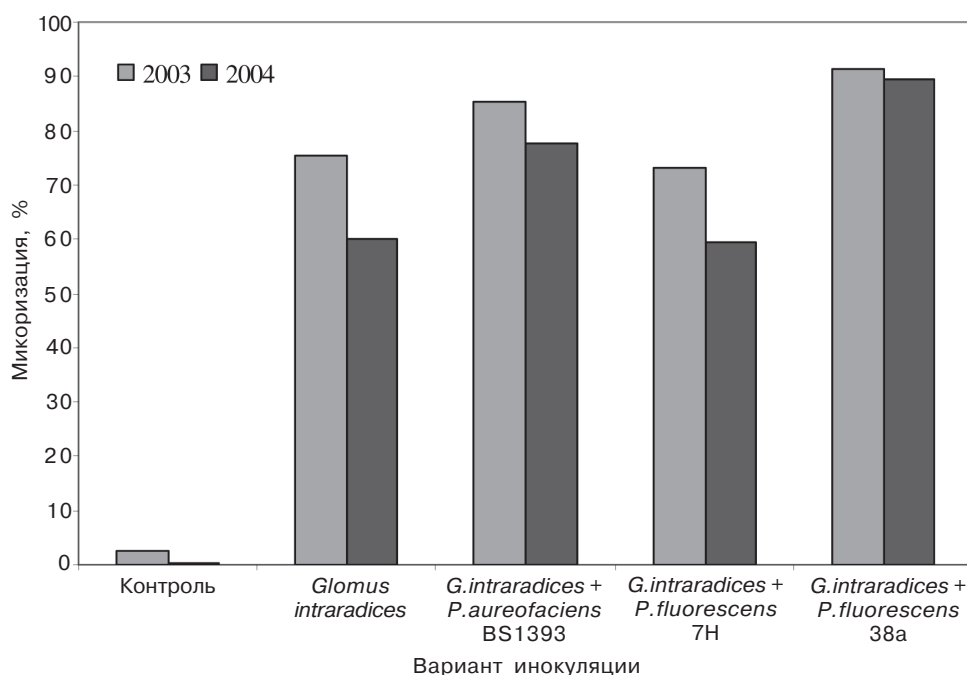


Рис. 1. Интенсивность микоризации (Пищевая 227)

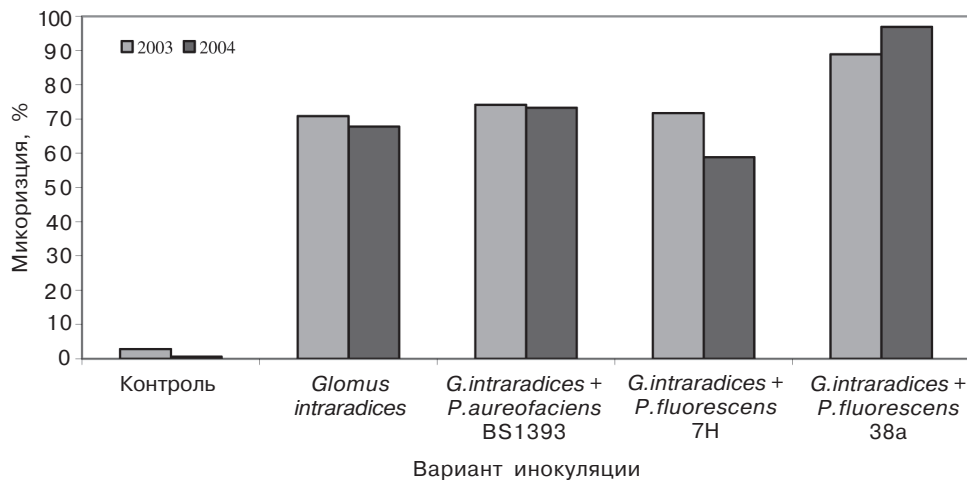


Рис. 2. Интенсивность микоризации (Северное 44)

за различных метаболитов, полезных для растений, и опосредованная стимуляция роста растений за счет вытеснения и подавления развития почвенных фитопатогенных микроорганизмов, угнетающих рост растений.

Однако для эффективного взаимодействия эндомикоризных грибов и ризосферных псевдомонад в ризосфере растений необходим тщательный подбор совместимых бактериальных и грибных культур, направленный на выявление штаммов этих микроорганизмов с взаимосоусиливающим действием.

Цель наших исследований — изучение взаимодействий *Glomus intraradices* (штамм 7) и PGPR бактерий рода *Pseudomonas* — штаммы *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, *Pseudomonas fluorescens* 38a, *Pseudomonas fluorescens* 7H в ризосфере сорговых культур различных хозяйственных групп. В экспериментах использовали зерновое (Пищевой 227) и сахарное (Северное 44) сорго, а также сорго-суданковый гибрид Геркулес 3. Почва — чернозем выщелоченный.

Количественный учет эндомикоризных грибов в корнях растений проводили с помощью модифицированного метода Травло, основанного на выявлении степени насыщенности корневой системы различными структурами ВАМ: мицелием, арбускулами и везикулами. Количе-

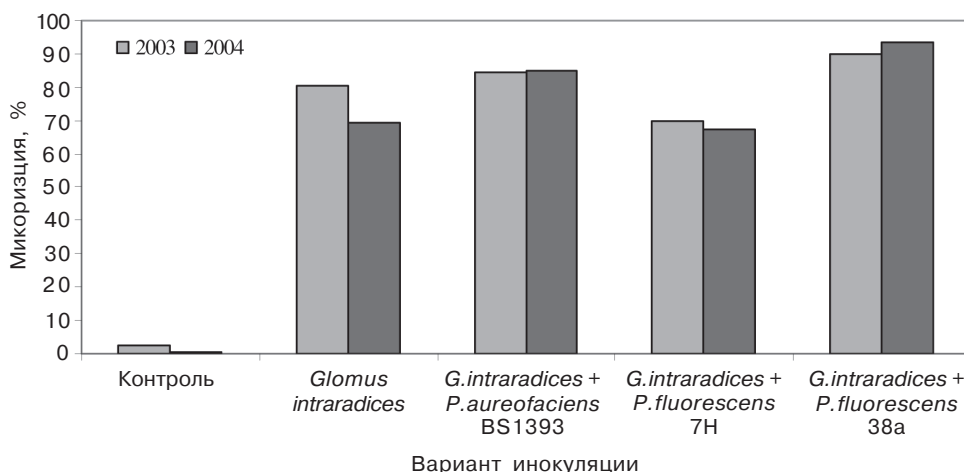


Рис. 3. Интенсивность микоризации (Геркулес 3)

ственные соотношения этих структур гриба дают информацию об эффективности функционирования эндомикоризного симбиоза. Показатель интенсивности развития микоризной инфекции характеризует распространение в корне ВАМ, представленной любой структурой — мицелием, арбускулами, везикулами либо их сочетанием.

Используемые в исследованиях бактерии являются продуцентами антибиотиков фенезинового ряда, пиоллютеорина и 2,4-диацетилфлороглюцина, обладающих супрессирующим действием по отношению к ряду фитопатогенных грибов. В связи с этим необходимо учитывать возможность негативного влияния псевдомонад-продуцентов антибиотиков на развитие эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* в ризосфере сорго при совместном внесении.

В условиях 2-летних мелкоделяночных экспериментов при сравнении по годам наибольшую стабильность действия на микоризацию эндомикоризным грибом *Glomus intraradices* штамм 7 по всем хозяйственным группам показал штамм *Pseudomonas aureofaciens* BS1393 (рис. 1, 2, 3).

Использование бактерий рода *Pseudomonas* как способ увеличения интенсивности микоризации, выраженный в достоверной разнице развития микоризного заселения в вариантах с внесением бактериальных штаммов по сравнению с контролем, инокулированным только *Glomus intraradices* (штамм 7), оказалось эффективным.

В целом, можно отметить общую закономерность при количественной оценке эндомикоризного гриба по каждому испытанному сорту в зависимости от варианта инокуляции, выражающуюся в изменении частоты встречаемости и интенсивности микоризации (табл. 1).

В условиях мелкоделяночного полевого опыта на выщелоченном черноземе было установлено влияние псевдомонад на интенсивность микоризации корней сорговых культур эндомикоризным грибом *Glomus intraradices*. Частота встречаемости микоризного заселения по всем вариантам с двойной инокуляцией бактериальными штаммами и *Glomus intraradices* (штамм 7) отличалась незначительно от варианта с внесением только штамма эндомикоризного гриба. Частота встречаемости практически по всем вариантам с инокуляцией исследуемыми микробиологическими объектами достигала 100%. В то же время интенсивность развития *Glomus intraradices* значительно различалась по вариантам. Максимальное значение данный показатель достигал в варианте *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38a по всем исследуемым сортам. Максимальное значение интенсивности развития микоризной инфекции отмечено при инокуляции штаммом *Pseudomonas fluorescens* 38a

Таблица 1. Количественная оценка микоризации различных сортов сорговых культур, %

Вариант	Частота встречаемости микоризной инфекции (F)	Интенсивность развития микоризной инфекции (M)
Пищевой 227		
Контроль	13,1	0,4
<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	100	60,1
<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	100	77,6
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7H	100	59,4
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38a	100	89,6
Северное 44		
Контроль	14,5	0,6
<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	100	67,8
<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	98,9	78,3
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7H	99,4	58,9
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38a	100	96,9
Геркулес 3		
Контроль	11,8	0,3
<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	100	69,4
<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	100	89,8
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7H	99,7	67,1
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38a	100	93,5

Таблица 2. Количественная оценка структур эндомикоризного гриба рода *Glomus intraradices* (штамм 7) в микоризованных корнях различных сорговых культур, %

Вариант	Обилие арбускул по отношению ко всему корню (А)	Обилие арбускул в микоризованной части корня (а)	Обилие везикул по отношению ко всему корню (В)	Обилие везикул в микоризованной части корня (в)
Пищевой 227				
Контроль	1,9	12,6	0,3	10,1
<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	26,4	29,3	9,8	12,6
<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	14,8	18,2	6,9	15,9
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7Н	16,3	18,6	7,8	13,4
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38а	36,7	37,1	18,9	20,9
Северное 44				
Контроль	2,4	10,8	0,4	11,3
<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	30,1	16,7	13,9	10,9
<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	15,1	6,9	5,8	8,6
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7Н	26,4	8,6	11,5	9,4
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38а	69,2	63,1	19,3	14,2
Геркулес 3				
Контроль	3,3	9,9	0,3	12,0
<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	31,9	15,6	17,6	20,0
<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	16,8	7,1	13,6	22,3
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7Н	28,9	26,2	19,3	25,0
<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38а	50,4	45,3	27,8	31,5

Таблица 3. Урожайность зеленой массы сорговых культур, т/га

Сорт	Контроль	<i>G. intraradices</i> (штамм 7)	<i>G. intraradices</i> + <i>P. aureofaciens</i> BS1393	<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 7Н	<i>G. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> 38а
Пищевой 227	24,35	25,40	30,90	27,30	23,63
Северное 44	40,40	44,30	48,90	45,20	39,0
Геркулес 3	56,30	60,97	64,75	63,44	52,80

сахарного сорго Северное 44. В зависимости от варианта бактериальной инокуляции изменялось количество структур эндомикоризного гриба в корнях сорговых культур. При количественной оценке структур эндомикоризного гриба по всем показателям максимальные их значения получены в варианте *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38а (табл. 2).

При сравнении развития структур эндомикоризного гриба и урожайности по вариантам оптимальное соотношение структур эндомикоризного гриба выявлено в варианте *Glomus intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393, т.к. при таком уровне везикул и арбускул эффективность микоризации, выраженная в увеличении урожая, была максимальной (табл. 3).

В варианте с инокуляцией парой микроорганизмов *Glomus intraradices* + *Pseudomonas fluorescens* 38а по всем сортам происходило снижение урожайности зеленой массы. Однако в данных вариантах отмечался максимальный уровень развития микоризной инфекции. Это позволяет сделать вывод, что при высоком уровне интенсивности микоризации проявляется конкуренция эндомикориз-

ного гриба *Glomus intraradices* (штамм 7) с растением за необходимые питательные вещества. В данном случае эндомикоризный гриб выступает как паразит и стимулирующее действие штамма *Pseudomonas fluorescens* 38а, проявляющееся в увеличении обилия арбускул по отношению ко всему корню, обилия арбускул в микоризованной части корня, обилия везикул по отношению ко всему корню, обилия везикул в микоризованной части корня, приводит к снижению массы растений в сравнении с этим показателем в контроле. В других вариантах наблюдали увеличение массы растений.

Таким образом, в полевых экспериментах (2003—2004 гг.) выявлена наиболее эффективная пара микроорганизмов — *Glomus intraradices* + *Pseudomonas aureofaciens* BS1393. Она способствовала формированию оптимального уровня структур эндомикоризного гриба и стабильности действия при инокуляции по всем хозяйственным группам сорговых культур. Этот вариант может быть использован на практике при промышленном возделывании сорговых культур на черноземе выщелоченном с недостатком усвояемых форм фосфора. 