

## ГРИБЫ — ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

УДК 632.937.15 : 632.4

© Л. И. Домрачева, И. Г. Широких, А. И. Фокина

### АНТИФУЗАРИОЗНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И АКТИНОМИЦЕТОВ В ПОЧВЕ И РИЗОСФЕРЕ

DOMRACHEVA L. I., SHIROKIKH I. G., FOKINA A. I. CYANOBACTERIA AND ACTINOMYCETES INFLUENCE AGAINST *FUSARIUM* SPECIES IN SOIL AND RHIZOSPHERE

Среди фитопатогенов, вызывающих массовые болезни культурных растений, порой переходящие в эпифитотии, особую роль играют грибы рода *Fusarium*. Космополитизм и растительная «всеядность», возможность длительного существования в сапрофитной фазе, прогрессирующая устойчивость к применяемым ядохимикатам позволяют фузариям постоянно расширять свои экологические ниши.

Подавление химическими методами фузариозов, как и других вызываемых грибами заболеваний, имеет ряд ограничений, связанных с появлением суперустойчивых штаммов, а также с неблагоприятными экологическими последствиями применения пестицидов в посевах. Поэтому актуальна разработка биологических методов защиты растений и повышение супрессивности почв в отношении грибных фитопатогенов (Соколов и др., 1994). Снизить функциональную значимость фитопатогенов можно посредством интродукции в агроэкосистему разнообразных микроорганизмов, включая популяции антагонистов и микробные препараты сложного состава (Кожевин, 2006). В качестве антагонистов наиболее перспективны конкурентные формы микробов, характеризующиеся высокой скоростью роста и способностью образовывать споры в больших количествах, выживающие при дефиците питательных веществ и в других неблагоприятных условиях (Соколов и др., 1994).

Цианобактерии в отличие от гетеротрофных микроорганизмов, традиционно используемых для производства биопрепаратов, по темпам размножения сопоставимы с фитопатогенными грибами. Они известны своей способностью размножаться в почвах до ступени макроразрастаний — пятен «цветения», в которых численность достигает 40 млн клеток на 1 см<sup>2</sup> (Домрачева, 2005). Благодаря способности фиксировать как углерод, так и атмосферный азот цианобактерии вносят существенный вклад в плодородие почвы. Среди экзометаболических цианобактерий много биологически активных веществ, которые активизируют ростовые процессы высших растений (Андреюк и др., 1990). Однако до недавнего времени практически отсутствовали сведения о фунгицидной активности фототрофных микроорганизмов. Исследования, проведенные в последние годы (Домрачева и др., 2001, 2003), показали, что цианобактерии занимают важное место среди естественных антагонистов грибов рода *Fusarium*. Так, из цианобактерий *Nostoc commune* выделен липопептид с сильным фунгицидным действием (Kajiyama et al., 1998).

Благодаря своим особым слизистым чехлам цианобактерии в природе являются формообразующими центрами микробных ассоциаций. В качестве спутников цианобактерий часто встречаются актиномицеты (Звягинцев, Зенова, 2001). Вследствие

широко распространенной среди мицелиальных прокариот способности к синтезу антибиотиков и хитиназ актиномицеты могут также выступать в качестве естественной защиты растения от фитопатогенных грибов. Вместе с тем актиномицеты не обладают способностью к быстрому росту, являясь представителями так называемых К-стратегов. Одним из подходов к разрешению этого противоречия может явиться создание комбинированных биопрепаратов на основе цианобактерий, обладающих высокой энергией роста и формообразовательными функциями, и актиномицетов, которые в альгобактериальных ассоциациях находятся в мицелиальной форме и функционально активны (Омарова и др., 2006).

В ризосферных популяциях ячменя, клевера лугового и озимой ржи на дерново-подзолистой почве с высокой частотой встречаются актиномицеты, способные синтезировать диффундирующие в агар метаболиты, которые существенно ограничивают или подавляют рост фитопатогенных грибов рода *Fusarium* (Широких, 2003; Широких и др., 2004). В то же время в пахотном слое типичного чернозема обнаружены лишь единичные актиномицеты-антагонисты с сильной антагонистической активностью по отношению к фузариям (Виноградова и др., 2005). Основным способом воздействия стрептомицетов на микромицеты из того же местообитания являлась стимуляция развития грибов, в связи с чем авторы указывают на необходимость осторожного подхода к вопросам использования аборигенных стрептомицетов в целях подавления активных фитопатогенов и тщательного подбора контролирующего агента. Тем не менее эти вопросы исследованы недостаточно. В частности, неясны особенности взаимоотношений стрептомицетов, грибов и цианобактерий в зависимости от специфики отдельных видов и штаммов, а также действие антагонистов в различных почвенных микролокусах.

В связи с этим в задачу нашей работы входило изучение антифузариозной активности актиномицетов и цианобактерий в модельных условиях почвы и ризосферы и выявление культур, которые могут быть применены для контроля популяций фитопатогенных грибов.

## Материал и методы

В работе использовали природные изоляты фитопатогенных грибов рода *Fusarium*, выделенные на территории Кировской обл.; штаммы цианобактерий из коллекций кафедры ботаники, физиологии растений и микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии; штаммы стрептомицетов из коллекции Лаборатории генетики НИИ сельского хозяйства Северо-Востока.

Цианобактерии выращивали в жидкой среде Громова № 6 без азота (Практикум по микробиологии, 2005). Для культивирования стрептомицетов использовали минеральную среду Гаузе (Зенова, 1992). Смешанную культуру получали путем объединения цианобактерий *Nostoc linckia* № 273 со штаммом *Streptomyces luteogriseus* A-23 в жидкой среде.

Антифунгальную активность актиномицетов предварительно исследовали методом агаровых блоков (Егоров, 1979). Для оценки антифунгальной активности цианобактерий и смешанных культур их наносили на «газоны» фузариумов, выращенных на среде Чапека. О степени антагонистической активности судили по диаметру зоны подавления роста гриба. Каждый тест повторяли 3-кратно.

Супрессивность почвы при внесении в нее различных видов цианобактерий оценивали в модельном опыте. В стерильную дерново-подзолистую почву, помещенную в чашки Петри, вносили суспензию макроконидий ( $1.8 \times 10^5$  клеток/мл) *F. culmorum*. Одновременно инокулировали почву одним из трех различных видов цианобактерий-антагонистов ( $2.5 \times 10^5$  клеток/мл).

Изучали влияние чистых культур цианобактерий *N. linckia*, стрептомицета *S. luteogriseus* и их смешанной культуры на развитие *Fusarium oxysporum* в прикорневой зоне растений. Семена яровой пшеницы сорта Ирень заражали макроконидиями фуза-

риума ( $9 \times 10^5$  конидий на 1 зерновку) и помещали по 5 штук в чашки Петри, заполненные дерново-подзолистой почвой. В вариантах с использованием микробов-антагонистов зараженные семена перед посевом выдерживали в течение 1 ч в жидких суспензиях соответствующих микробных культур. Каждый вариант опыта проводили в пяти повторностях. Спустя 7 суток после начала опыта проростки извлекали из почвы, отбирали образцы корней и ризосферной почвы и определяли длину грибного мицелия, а также численность споровых структур и фрагментов грибного мицелия методом прямого микроскопирования на мазках (Полянская, 1996). Для каждого образца изготавливали 9 препаратов.

Полученные данные обрабатывали стандартными методами статистического анализа (Лакин, 1990). В таблицах и на рисунках представлены средние значения показателей и их стандартные ошибки.

## Результаты и обсуждение

Для первоначальной характеристики антифузариозной активности цианобактерий и актиномицетов и отбора активных штаммов исследовали их влияние на фитопатогенные грибы в чистых культурах. Результаты оценки антифузариозной активности культур актиномицетов показали, что их воздействие вызывало усыхание грибного мицелия и снижение уровня конидиеобразования. Зоны подавления роста грибов колебались от 18 до 50 мм в зависимости от тест-культуры гриба и штамма актиномицета (табл. 1).

При нанесении пленок цианобактерий *N. paludosum* № 18, *N. linckia* № 273, *Microrhiza tenera* № 263 на газоны грибов *F. oxysporum*, *F. nivale*, *F. culmorum* наблюдали замедление роста, усыхание и лизис их мицелия. Микроскопия чашек с посевами показала, что воздействие цианобактерий приводит не только к лизису грибного мицелия, но и к переходу гриба от активной стадии развития к спороношению, а именно к накоплению хламидоспор. Антифузариозную активность цианобактерий наблюдали также в почве модельного опыта в отсутствие растений. При внесении в почву спор *F. culmorum* добавление различных культур цианобактерий вызывало во всех случаях супрессивный эффект в отношении гриба, что проявилось в существенном снижении длины грибного мицелия в сравнении с контрольным вариантом без цианобактерий (табл. 2). Антифузариозный эффект ностоков в почве развивался постепенно, нарастая от 1-х к 7-м суткам. Особенно сильный эффект был отмечен при интродукции в почву цианобактерий *M. tenera*, в присутствии которой грибной мицелий исчезал уже в первые сутки после внесения, тогда как в контрольном варианте наблюдалось интенсивное развитие гриба, суммарная длина мицелия которого к 7-м суткам достигла более чем  $5 \text{ м/см}^2$ .

При проверке на газонных посевах гриба *F. oxysporum* антифузариозный эффект смешанной со стрептомицетом культуры *N. linckia* сохранялся. Численность колониеобразующих единиц (КОЕ) стрептомицета *S. luteogriseus* в смешанной культуре ( $0.85 \times 10^6$  КОЕ/мл) была близкой к численности в чистой культуре —  $1.35 \times 10^7$  КОЕ/мл. Однако практический интерес представляло изучение изменений антифузариозных свойств смешанной культуры по сравнению с составляющими ее компонентами в ризосфере растений, т. е. в паразитической стадии развития гриба. В литературе сообщалось (Калько и др., 2003), что динамика популяций фитопатогенного гриба *F. oxysporum* существенно различается в почве без растения и в ризосфере, причем антигрибное действие внесенных в почву антагонистов *Bacillus subtilis* и *S. felleus* более выражено в прикорневой зоне растений-хозяев, чем в тепличной почве без растений.

Искусственное заражение семян пшеницы спорами гриба *F. oxysporum* вызвало снижение их всхожести на 16 % по сравнению с контролем. Обработка инфицированных семян культурой цианобактерий *N. linckia* не только устраняла негативное воздействие гриба, но и повышала всхожесть семян на 12 % к контролю, тогда как обра-

**Антагонистическая активность актиномицетов  
по отношению к фитопатогенным грибам рода *Fusarium***

Штамм	Зона ингибирования роста гриба, мм					
	<i>F. sporotrichiella</i> К-8999-К	<i>F. oxysporum</i> С-099-К	<i>F. avenaceum</i> 7/2	<i>F. avenaceum</i> 10/2	<i>F. sporotrichiella</i> КК-794-24	<i>Fusarium</i> sp. 21n-1
<i>Actinomyces griseocastaneus</i> A-24	30 ± 1.3	30 ± 0.8	26 ± 2.0	20 ± 0.3	29 ± 1.6	30 ± 2.7
<i>Streptomyces felleus</i> A-3	21 ± 0.5	20 ± 0.5	31 ± 1.0	20 ± 0	0	21 ± 2.0
<i>S. hygroscopicus</i> A-4	33 ± 1.2	29 ± 1.5	50 ± 1.3	35 ± 1.8	31 ± 0.8	30 ± 0.5
<i>S. hygroscopicus</i> A-9	35 ± 1.2	30 ± 1.2	46 ± 0.9	39 ± 1.0	20 ± 0.2	28 ± 0.5
<i>S. hygroscopicus</i> A-22	36 ± 1.0	18 ± 2.1	42 ± 1.9	42 ± 2.2	30 ± 1.6	26 ± 0.3
<i>S. luteogriseus</i> A-23	40 ± 0.4	24 ± 1.7	26 ± 1.5	25 ± 0	36 ± 1.0	41 ± 0.9
<i>S. hygroscopicus</i> 1—6—1	29 ± 0	24 ± 0.3	46 ± 1.4	49 ± 2.0	45 ± 1.7	34 ± 1.2
<i>S. omiyaensis</i> 12—1	30 ± 2.3	22 ± 1.0	38 ± 1.5	40 ± 1.3	36 ± 1.5	30 ± 0.6

ботка чистой культурой стрептомицета *S. luteogriseus* и в сочетании с *N. linckia* существенного влияния на всхожесть зараженных семян не оказала.

При наличии в почве дополнительного источника питания в виде корневого депозита проростков антагонисты в отличие от опыта с выращиванием культур в свободной от корней почве не вызвали полной гибели гриба, но значительно ограничили его развитие (табл. 2). Контакт с микробами-антагонистами затормозил интенсивность вегетативного роста гриба: нарастание длины грибного мицелия как на корнях, так и в ризосферной почве существенно уступало отмеченному в контроле (рис. 1). Особенно сильно подавление мицелиального роста фузариума проявилось под влиянием *N. linckia* — длина мицелия на корнях проростков снизилась в 33 раза, тогда как под воздействием стрептомицета — только в 3.3 раза, а при использовании смешанной культуры этих микроорганизмов — всего в 2 раза. В ризосферной почве максимальное снижение длины грибного мицелия (в 20 раз) произошло в варианте с инокуляцией смешанной культурой, а при инокуляции семян составляющими ее компонентами — только в 2—3 раза. По мнению специалистов (Струнникова и др., 2004), именно плотность мицелия является показателем условий, благоприятных для роста гриба. Снижение плотности грибного мицелия *Fusarium culmorum* в почве и на корнях в присутствии микробов-антагонистов, в частности *Pseudomonas fluorescens*, отмечалось и ранее, причем в качестве механизма антагонистического действия бактерии авторы рассматривали конкуренцию за питательные вещества (Струнникова и др., 2005).

Интенсивность инфекционного процесса, вызванного грибами-фитопатогенами, во многом определяется не столько суммарной длиной мицелия, сколько количеством отдельных мицелиальных фрагментов: чем больше их количество, тем интенсивнее

Таблица 2

**Динамика суммарной длины мицелия *Fusarium culmorum* (мм/см<sup>2</sup>)  
в зависимости от вида внесенных в почву цианобактерий**

Вариант опыта, сутки	Контроль	<i>Nostoc paludosum</i>	<i>Nostoc linckia</i>	<i>Microchaeta tenera</i>
1-е	0.65 ± 0.075	0.48 ± 0.023	0.62 ± 0.689	0
3-и	20.2 ± 4.100	0.14 ± 0.031	0.14 ± 0.027	0
7-е	>5000	0	0	0

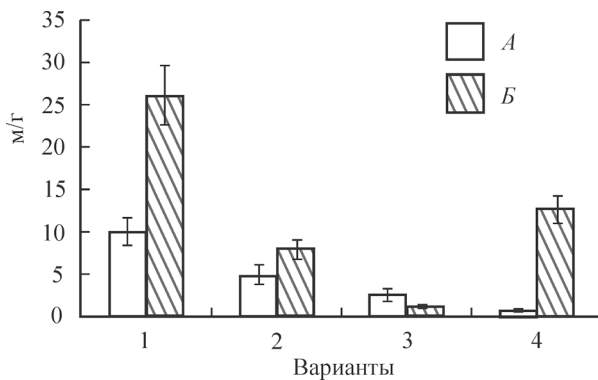


Рис. 1. Влияние микробов-антагонистов на мицелиальный рост *Fusarium oxysporum* в ризосфере (А) и ризоплане (Б) проростков пшеницы: 1 — контроль, 2 — *S. luteogriseus*, 3 — *N. linckia*, 4 — *N. linckia* + *S. luteogriseus*.

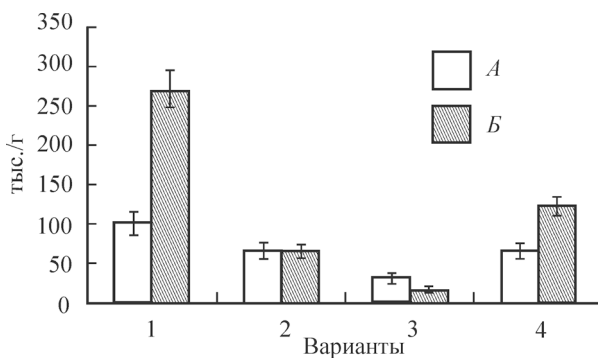


Рис. 2. Изменение количества фрагментов грибного мицелия под влиянием микробов-антагонистов в ризосфере (А) и ризоплане (Б) проростков пшеницы: 1 — контроль, 2 — *S. luteogriseus*, 3 — *N. linckia*, 4 — *N. linckia* + *S. luteogriseus*.

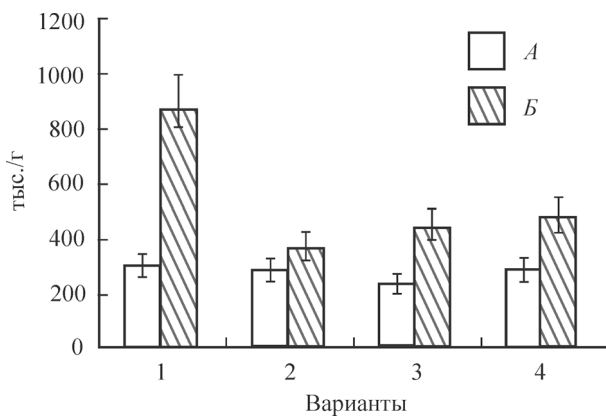


Рис. 3. Количество фузариозных пропагул в ризосфере (А) и ризоплане (Б) проростков пшеницы: 1 — контроль, 2 — *S. luteogriseus*, 3 — *N. linckia*, 4 — *N. linckia* + *S. luteogriseus*.

Доля репродуктивных структур в популяции *Fusarium oxysporum* в ризоплане и ризосфере проростков пшеницы

Вариант	Локус	Репродуктивные структуры, %		
		макроконидии	микроконидии	хламидоспоры
Контроль	1	3.0 ± 0.5	78 ± 4.5	19 ± 0.5
	2	25 ± 7.1	41 ± 2.9	34 ± 1.2
<i>S. luteogriseus</i>	1	28 ± 1.5	39 ± 5.7	33 ± 2.6
	2	23 ± 1.1	46 ± 2.6	31 ± 1.5
<i>N. linckia</i>	1	0	82 ± 5.2	18 ± 1.5
	2	42 ± 2.1	50 ± 1.7	8.0 ± 0.6
<i>N. linckia</i> + <i>S. luteogriseus</i>	1	13 ± 1.0	65 ± 8.6	22 ± 3.8
	2	54 ± 2.5	15 ± 1.5	31 ± 5.7

Примечание. 1 — ризоплана, 2 — ризосфера.

идет процесс колонизации грибом пространства и соответственно заражения растений (Домрачева и др., 2003). Показано, что количество мицелиальных фрагментов по вариантам опыта колебалось в широких пределах, но под воздействием обработки семян культурами антагонистов снижалось особенно существенно на корнях, в меньшей степени — в ризосферной почве (рис. 2). Лидирующее положение по этому показателю занимала цианобактерия *N. linckia*. Стрептомицет *S. luteogriseus* как в чистой, так и в смешанной культуре значительно ей уступал. При сравнении средней длины фрагментов мицелия в ризоплане по вариантам (контроль —  $97.7 \pm 10.4$ , *S. luteogriseus* —  $119.9 \pm 10.5$ , *N. linckia* —  $47.9 \pm 10.2$ , *N. linckia* + *S. luteogriseus* —  $119.9 \pm 21.0$  мкм) определили, что под воздействием культуры *N. linckia* этот показатель был минимален.

Выживание и распространение грибов при остановке вегетативного роста обеспечивает спороношение. Под воздействием инокуляции культурами антагонистов существенно снизилось количество споровых структур на поверхности корней. В ризосферной почве, где различия между вариантами были не достоверны, оно оставалось на прежнем уровне (рис. 3). Как следует из литературных данных (Шахназарова и др., 2004), в пределах почвы одного типа интенсивность конидиеобразования определяется плотностью мицелия. Снижение плотности мицелия в ризосферной почве в пределах одного порядка в нашем случае не оказало существенного влияния на общую продукцию спор *Fusarium oxysporum*.

Вместе с тем влияние инокуляции на развитие популяции фитопатогенного гриба проявлялось в изменении соотношения различных типов спор, образуемых в ризоплане и в ризосферной почве в зависимости от варианта инокуляции. Так, в ризосферной почве контрольного варианта соотношение макроконидий, микроконидий и хламидоспор было примерно равным, а на корнях преобладали микроконидии — 78 % (табл. 3). Под влиянием *N. linckia*, в наибольшей степени подавлявшего развитие грибного мицелия, в ризосферной почве одновременно происходила стимуляция образования микроконидий. Их доля от общего количества споровых структур возросла с 41 до 50 %, а на корнях существенно не изменилась (82 %). Макроконидии в ризоплане растений этого варианта обнаружены не были, доля хламидоспор существенно не отличалась от контроля. Видимо, в этом случае развитие гриба было направлено на ускоренное завоевание пространства путем массового образования самых легких и маленьких спор, способных к переносу на большие расстояния.

Влияние стрептомицета на репродуктивные структуры *Fusarium oxysporum* в ризосферной почве практически не проявилось: все типы спор образовывались в равном соотношении. На корнях в этом же варианте опыта отмечено наибольшее образова-

Удельная продуктивность пропагул *Fusarium oxysporum* в ризоплане и ризосфере пшеницы, тыс./м мицелия

Вариант	Ризоплана	Ризосфера
Контроль	23.1 ± 4.0	33.2 ± 3.0
<i>S. luteogriseus</i>	37.4 ± 3.6	45.8 ± 4.3
<i>N. linckia</i>	531.7 ± 54.6	552.5 ± 49.8
<i>N. linckia</i> + <i>S. luteogriseus</i>	27.6 ± 7.4	37.3 ± 3.2

ние макроконидий (28 %) и хламидоспор (33 %), которые благодаря их выносливости и способны сохраняться в почве длительное время. Вероятно, стимуляция образования грибом толстостенных хламидоспор связана со способностью культуры *S. luteogriseus* продуцировать токсичные метаболиты антифунгального действия. Увеличение образования хламидоспор грибом *F. oxysporum* отмечалось ранее под влиянием кислотного воздействия в ризосфере клевера лугового (Григорьев и др., 2004). При использовании для инокуляции семян цианобактерий *N. linckia* и стрептомицетов *S. luteogriseus* в смешанной культуре процентное соотношение репродуктивных структур гриба в ризосферной почве изменилось в сторону увеличения доли спор, обеспечивающих выживание в неблагоприятных условиях. Если в ризосферной почве контрольного варианта преобладающая группа спор представлена микроконидиями (41 %), то при инокуляции смешанной культурой преобладают макроконидии (54 %) — более инертные и прочные структуры, выполняющие сразу обе функции — выживания и распространения. Под влиянием смешанной культуры *N. linckia* и *S. luteogriseus* существенно возросла доля макроконидий и на корнях проростков (13 %) по сравнению с контролем (3 %).

Одним из показателей степени угнетения гриба, вызванного внесением микробов-антагонистов, может быть величина удельной продуктивности спор (численность спор в пересчете на 1 м мицелия), отражающая мобилизацию внутренних резервов гриба на репродукцию, как ответную реакцию, вызванную неблагоприятным биотическим воздействием. Максимальная величина удельной продуктивности фузариозных пропагул (в данном случае суммарная численность макроконидий, микроконидий и хламидоспор) выявлена в варианте с обработкой семян культурой *N. linckia* (табл. 4). В остальных вариантах опыта удельная продуктивность пропагул *Fusarium oxysporum* была на порядок ниже и достоверно не отличалась от контроля.

Таким образом, итоги лабораторного тестирования показали, что оба антагониста оказали существенное влияние на структуру грибной популяции *F. oxysporum*, сдерживая в большей (*N. linckia*) или в меньшей (*S. luteogriseus*) степени рост грибного мицелия в прикорневой зоне проростков пшеницы. Если в ризоплане максимальное подавление мицелиального роста, обладающего наибольшим инфекционным потенциалом, было обусловлено антагонистической активностью цианобактерии *N. linckia*, то в ризосферной почве максимальное ингибирование мицелиального роста гриба отмечено в случае совместного применения культур *N. linckia* и *S. luteogriseus*.

В условиях насыщения почвы микробами-антагонистами испытанных штаммов происходили и такие изменения в структуре популяции *F. oxysporum*, как массовое снижение численности фрагментов мицелия в ризоплане и ризосфере. Подавление роста мицелия цианобактерией было сопряжено с усилением репродуктивной функции гриба — возрастанием удельной продукции спор, как более толерантных структур к антагонистическому воздействию. Стимулирующее влияние стрептомицета на продуктивность пропагул гриба не выявлено. Вместе с тем под воздействием актиномицета возросла доля таких инертных и прочных репродуктивных структур, как макроконидии и хламидоспоры.

Выявленные изменения в популяционной структуре фитопатогенного гриба *F. oxysporum* в результате обработки семян культурами микроорганизмов-антагонистов вселяют надежду на успех в создании искусственных фототрофно-гетеротрофных ассоциаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреюк Е. И., Коптева Ж. П., Занина В. В. Цианобактерии. Киев: Наук. думка, 1990. 200 с.

Виноградова К. А., Шаркова Т. С., Александрова А. В., Кожевин П. А. Анализ межпопуляционных взаимодействий почвенных грибов и актиномицетов // Микология и фитопатология. 2005. Т. 39, Вып. 3. С. 28—40.

Григорьев А. М., Горленко М. В., Марфенина О. Е. Изучение роста фрагментов мицелия *Fusarium oxysporum* в условиях разной кислотности среды // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38, вып. 3. С. 29—35.

Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2005. 336 с.

Домрачева Л. И., Третьякова А. Н., Трефилова Л. В. Эволюция фототрофных микробных сообществ при антропогенных воздействиях на почву // Экология и почвы: Избранные лекции X Всероссийской школы. Пушино, 2001. Т. 4. С. 184—193.

Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ветлужских И. Л. Цианобактериальное ингибирование фузариозных инфекций // Вопросы экологии и природопользования в аграрном секторе / Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (Ижевск, 20—23 июня 2003 г.) М.: АНК, 2003. С. 236—240.

Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Высш. школа, 1979. 485 с.

Калько Г. В., Воробьев Н. И., Новикова И. И. Влияние микробов-антагонистов на выживание *Fusarium oxysporum* в тепличном грунте и ризосфере растений огурца // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37, вып. 5. С. 84—92.

Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. М.: ГЕОС, 2001. 257 с.

Зенова Г. М. Почвенные актиномицеты. М.: МГУ, 1992. 78 с.

Кожевин П. А. Некоторые аксиомы почвенной биотехнологии и применение эффективных микроорганизмов // Микробиологические препараты «Байкал ЭМ1», «Тамир», «ЭМ-курunga». Практическая биотехнология в сельском хозяйстве, экологии, здравоохранении: Сб. трудов. М.: Агрорус, 2006. С. 76—80.

Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебн. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.

Омарова Е. О., Зенова Г. М., Орлеанский В. К., Карпов Г. А., Жегалло Е. А. Экологические особенности взаимодействия синезеленых водорослей (цианобактерий) и стрептомицетов как компонентов альгобактериальных ассоциаций // Грибы и водоросли в биоценозах — 2006 / Матер. Междунар. конф., посвящ. 75-летию биол. факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, 31 января—3 февраля 2006 г.). М.: МАКС Пресс, 2006. С. 116—117.

Полянская Л. М. Микробная сукцессия в почве: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1996. 96 с.

Практикум по микробиологии / Под ред. А. И. Нетрусова. М.: Изд. центр Академия, 2005. 608 с.

Соколов М. С., Монастырский О. А., Покушова Э. А. Экологизация защиты растений / Под ред. В. А. Захаренко. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. 462 с.

Струнникова О. К., Шахназарова В. Ю., Вишневская И. А. Роль почвенных условий в выживании и развитии фитопатогенного гриба *Fusarium culmorum* // Почвы — национальное достояние России / Матер. IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Кн. 1. Новосибирск, 2004. С. 54.

Струнникова О. К., Шахназарова В. Ю., Вишневская И. А. Развитие и взаимоотношение фитопатогенного гриба *Fusarium culmorum* и антагонистической бактерии *Pseudo-*



monas fluorescens в почве, ризосфере и на корнях ячменя // Фитосанитарное оздоровление экосистем / Матер. II Всерос. съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 10 декабря 2005). СПб., 2005. Т. 2. С. 193—194.

Шахназарова В. Ю., Струнникова О. К., Вишневская Н. А. Развитие внесенной популяции *Fusarium culmorum* в почве: особенности формирования и лизиса различных структур гриба // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38, вып. 3. С. 79—87.

Широких И. Г. Антифунгальный потенциал актиномицетов в ризосфере ячменя на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. 2003. № 4. С. 458—464.

Широких И. Г., Мерзеева О. В. Комплекс актиномицетов в ризосфере озимой ржи на дерново-подзолистой почве // Микробиология. 2005. Т. 74. № 2. С. 271—277.

Kajiyama S., Kanzaki H., Kawazu K., Kobayashi A. Nostofungicide, an antifungal lipopeptide from the fieldgrown terrestrial bluegreen alga *Nostoc commune* // Tetrahedron Lett. 1998. Vol. 39 (22). P. 3737—3740.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН  
Вятский государственный университет  
Киров  
irgenal@mail.ru

Поступила 10 X 2006

## РЕЗЮМЕ

В лабораторных модельных экспериментах изучено влияние стрептомицетов и цианобактерий *Nostoc linckia*, *N. commune*, *Microchaeta tenera* на фитопатогенные грибы рода *Fusarium*. Изучены их межпопуляционные взаимоотношения в ризосфере яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в дерново-подзолистой почве.

Ключевые слова: цианобактерии, стрептомицеты, фитопатогенные грибы *Fusarium*, ризосфера пшеницы.

## SUMMARY

The influence of cyanobacteria *Nostoc linckia*, *N. commune*, *Microchaeta tenera* and streptomycetes on phytopathogenic micromycetes *Fusarium* in laboratory model experiments was studied. Interpopulational relationships of these microorganisms in the rhizosphere of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in soddy-podzolic soil were examined.

Key words: cyanobacteria, streptomycetes, phytopathogenic fungi *Fusarium*, wheat rhizosphere.