

## ФИТОПАТОГЕННЫЕ ГРИБЫ РОДА *FUSARIUM* LINK: ВЗАИМООТНОШЕНИЯ С АКТИНОМИЦЕТАМИ РОДА *STREPTOMYCES*

Сидорова С.Г.

Белорусский государственный университет, Минск,  
*Sidorova @bsu.by*

Грибы рода *Fusarium* – полифаги, которые вызывают корневые гнили и увядание культурных растений. Экологизация системы защиты от фитопатогенов строится на применении биологических методов, основанных на использовании микроорганизмов-антагонистов. В этой связи мицелиальные прокариоты могут выступать в качестве естественной защиты от патогенов т.к. они обладают способностью синтезировать антибиотики (в первую очередь, аминогликозиды, макролиды, новые антибиотики макваримициды), а так же другие биологически активные вещества [3]. Кроме того, актиномицеты являются продуцентами хитиназ [9] и глюканаз [8]. В ряде работ [1–2, 5–7] показана принципиальная возможность использования актиномицетов в качестве основы для препаратов комплексного действия, применяемых на различных культурах. Эти биопестициды проявляют антагонизм к фитопатогенным грибам и бактериям, обладают избирательностью действия, безопасны для здоровья животных и человека. В этой связи целью настоящего исследования явилось выявление антагонистов некоторых видов рода *Fusarium* Link среди почвенных актиномицетов рода *Streptomyces*. Материалом исследований служили 3 вида фузариума: *Fusarium oxysporum* (Sacc.) Snyder and Hansen, *Fusarium culmorum* (Wm. G. Sm.) Sacc., *Fusarium sulphureum* Schltdl., полученные из коллекций чистых культур кафедры ботаники, а так же штаммы (17с, 35, 45, 84) актиномицета р. *Streptomyces* – из коллекции микроорганизмов кафедры микробиологии БГУ. Показатель ингибирования (ПИ) фитопатогена актиномицетами в условиях чистой культуры, а также интенсивность спорообразования (ИС) патогена рассчитывали по методикам, изложенным в руководстве [4]. Повторность опыта (*n*) – восьмикратная. Статистическая обработка данных, представленных в виде «среднее ± ошибка среднего» проведена с использованием программы *Statistica* 6.0.

Результаты оценки активности штаммов р. *Streptomyces* показали неоднозначную реакцию воздействия их на исследуемые виды р. *Fusarium*. Так, для *F. oxysporum* показатель ингибирования его ростовой активности на 4-е сутки наблюдения в вариантах культивирования со штаммами 17с и 84 был равен, соответственно, 44,5% и 51,4% (табл. 1). Все остальные изучаемые штаммы не оказали сильного антифунгального воздействия. Учитываемый параметр колебался в пределах 24,1-24,6%. С увеличением длительности культивирования отмечалось дальнейшее усиление (до 67%) ингибирующего

воздействия штаммов 17с и 84. Для остальных штаммов сохранилась аналогичная с предыдущим периодом наблюдения тенденция.

**Таблица 1** – Развитие микромицета *F. oxysporum* в присутствии штаммов актиномицета р. *Streptomyces*.

Вариант опыта	ПИ, %		ИС, $\times 10^6$ шт/см <sup>2</sup>	
	Время расчета, сут		Место измерения ИС	
	4	8	Центр колонии	Край колонии
<i>F. oxysporum</i> +А 17с	44,5	67,2	7,9 $\pm$ 0,15*	3,7 $\pm$ 0,9*
<i>F. oxysporum</i> + А 84	51,4	66,9	2,6 $\pm$ 0,23*	–
<i>F. oxysporum</i> +А45	24,1	21,9	17,8 $\pm$ 0,55	6,3 $\pm$ 0,11
<i>F. oxysporum</i> + А 35	24,6	22,31	33,8 $\pm$ 0,97*	21,4 $\pm$ 0,78*
Контроль ( <i>F. oxysporum</i> )	0	0	18,3 $\pm$ 0,16	6,8 $\pm$ 0,9

Примечание: \* – достоверно ( $P \leq 0.05$ ) по сравнению с контролем для одноимённого места измерения (центр или край колонии); знак «–» означает отсутствие спороношения.

Анализ интенсивности спорообразования показал снижение этого показателя от центра колонии к ее краю практически во всех опытных вариантах. При совместном культивировании *F. oxysporum* и штаммов 17с и 84 наблюдалось уменьшение, соответственно, в 2 и 7 раз количества спор на единице спороносящей поверхности в центре колонии по сравнению с контролем. Продукты метаболизма штамма 35, выделяемые в искусственную питательную среду, вызывали стимулирование (на 84%) процесса спорообразования у *F. oxysporum*. В варианте культивирования гриба *F. oxysporum* и штамма 45 этот показатель находился на уровне контроля (табл. 1). Спорообразование *F. oxysporum* у края колонии описывается аналогичным образом (табл. 1).

Анализ ростовой активности *F. culmorum* показал, что наиболее сильный угнетающий эффект отмечен также при его совместном культивировании со штаммами 17с и 84. Показатель ингибирования после 4-х суток наблюдения составил, соответственно, 44,8% и 46,9%. Штаммы 35 и 45 существенно не повлияли на рост гриба, показатель ингибирования составил порядка 20%. По прошествии 8-ми суток культивирования фузариума со штаммами 17с и 84 наблюдалось усиление (до 64-66 %) ингибирования роста фитопатогена. В то же время, степень угнетения роста гриба штаммами 45 и 35, в сравнении с предыдущим периодом, оказалась слабее (соответственно, 10,5% и 16,2%).

Подсчет количества спор, формирующихся у *F. culmorum* на единице спороносящей поверхности, выявил тенденцию к уменьшению способности продуцирования спор практически во всех опытных вариантах. Исключение составил вариант культивирования со штаммом 35, который оказал стимулирующее воздействие на этот процесс. Такая же картина в данном варианте отмечена и у края колонии *F. culmorum* (табл. 2).

**Таблица 2** – Развитие фитопатогенного микромицета *F. culmorum* в присутствии штаммов актиномицета рода *Streptomyces*.

Вариант опыта	ПИ, %		ИС, $\times 10^6$ шт/см <sup>2</sup>	
	Время расчета, сут		Место измерения ИС	
	4	8	Центр колонии	Край колонии
<i>F. culmorum</i> +А 17с	44,8	63,7	11,2 $\pm$ 0,27*	1,2 $\pm$ 0,03*
<i>F. culmorum</i> + А 84	46,9	65,9	2,7 $\pm$ 0,05*	–
<i>F. culmorum</i> +А45	19,8	10,5	5,23 $\pm$ 0,43*	1,2 $\pm$ 0,08*
<i>F. culmorum</i> + А 35	22,1	16,2	22,6 $\pm$ 1,08*	2,3 $\pm$ 0,03*
Контроль ( <i>F. culmorum</i> )	0	0	19,4 $\pm$ 0,07	1,87 $\pm$ 0,11

Примечание: \* – достоверно ( $P \leq 0.05$ ) по сравнению с контролем для одноимённого места измерения (центр или край колонии); знак «–» означает отсутствие спороношения.

Как и в случае изучения двух других видов фузариума, штаммы 17с и 84 оказали наиболее сильное (на 41, 2 % и 49,3 %) ингибирование ростовой активности гриба *F. sulphureum* (табл.3). По истечении 8-ми суток наблюдения отмечено дальнейшее усиление (примерно до 60 %) угнетения этого процесса.

**Таблица 3** – Развитие фитопатогенного микромицета *F. sulphureum* в присутствии штаммов актиномицета рода *Streptomyces*.

Вариант опыта	ПИ, %		ИС, $\times 10^6$ шт/см <sup>2</sup>	
	Время расчета, сут		Место измерения ИС	
	4	8	Центр колонии	Край колонии
<i>F. sulphureum</i> +А 17с	41,5	58,4	6,9 $\pm$ 0,14*	3,8 $\pm$ 0,7*
<i>F. sulphureum</i> + А 84	49,3	62,6	1,6 $\pm$ 0,23*	–
<i>F. sulphureum</i> +А45	24,1	19,5	4,9 $\pm$ 0,53*	2,2 $\pm$ 0,11*
<i>F. sulphureum</i> + А 35	26,6	12,3	32,8 $\pm$ 0,96	21,3 $\pm$ 0,78*
Контроль ( <i>F. sulphureum</i> )	0	0	17,3 $\pm$ 0,14	6,7 $\pm$ 0,9

Примечание: \* – достоверно ( $P \leq 0.05$ ) по сравнению с контролем для одноимённого места измерения (центр или край колонии); знак «–» означает отсутствие спороношения.

Репродуктивная активность гриба *F. sulphureum* испытывала наиболее сильное угнетение (на 40% и 92%) под воздействием штаммов 17с и 84. Для остальных вариантов опыта отмечена реакция, аналогичная двум другим видам фузариума (табл. 3).

Таким образом, скрининг тестируемых штаммов актиномицетар. *Streptomyces* на предмет их антифузариозной активности позволил установить, что штаммы 17с и 84 оказали наибольшее (более 60%) ингибирующее воздействие на все изучаемые виды фузариума. Это дает основание для возможности практического применения их в качестве штаммов-антагонистов при разработке препаратов на их основе.

## Литература

1. 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.
2. Домрачева Л.И., Широких И.Г., Фокина А.И. Антифузариозное действие цианобактерий и актиномицетов в почве и ризосфере // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43, вып. 2. С. 157–165.
3. Зенова Г.М. Почвенные актиномицеты. М.: МГУ, 1992. 78 с.
4. Микология: методы экспериментального изучения микроскопических грибов // Авт. сост.: В.Д.Поликсенова, А.К. Храмцов, С.Г.Пискун. Мн.: БГУ, 2004. 38 с.
5. Новикова И.И., Бойкова И.В., Шенин Ю.Д. Биологические особенности и компонентный состав активного комплекса штамма *Streptomyces chrysomallus* P-21 – антагониста фитопатогенных грибов // Вестник защиты растений. 2006. № 3. С. 13–21.
6. Раткевич Е.Б., Сидорова С.Г. Антифунгальная активность грибов рода *Trichoderma* Pers.: Fr. и актиномицетов в отношении возбудителя фузариоза томата // Тезисы докл. II Междунар. науч.-практ. конф. «Клеточная биология и биотехнология растений». Минск, 28-31 мая, 2018 г. Мн.: БГУ, 2018. С 173–174.
7. Широких И.Г. Антифунгальный потенциал актиномицетов в ризосфере ячменя на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. 2003. №4. С. 458–464.
8. Chater K.F., Biro S., Lee K.J., Painer T., Schrempf H. The complex extracellular biology of streptomycetes // FEMS Microbiol. rev. 2010. V. 34. P. 171–198.
9. Hoster F., Schmitz J., Daniel R. Enrichment of chitinolytic microorganisms: isolation and characterization of a chitinase exhibiting antifungal activity against phytopathogenic fungi from a novel *Streptomyces* strain // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2005. V. 66. P. 434-442.