

АНТАГОНИЗМ ПО ОТНОШЕНИЮ К ФИТОПАТОГЕННЫМ БАКТЕРИЯМ И ГРИБАМ И ФИТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ СРЕПТОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМОВ МОЛДОВЫ

ANTAGONISM AGAINST PHYTOPATHOGENIC BACTERIA AND FUNGI AND PHYTOREGULATING ACTIVITY OF STREPTOMYCETES OF CHERNOZEMS MOLDOVA

Бурцева С.А.¹, Бырса М.Н.¹, Маслоброд С.Н.²

¹ ИМБ, Республика Молдова

MD-2028, Республика Молдова, ул. Академическая, 1

E-mail: burtseva.svetlana@gmail.com, mellon23@yandex.ru

² ИГФЗР, Республика Молдова

MD-2002, Республика Молдова, ул. Лесная, 20

E-mail: maslobrod37@mail.ru

Из чернозёмов центральной части Молдовы выделены 2 штамма стрептомицетов с антимикробной активностью. Выявлена способность штаммов активно задерживать рост фитопатогенных грибов рода *Fusarium* (зоны задержки роста диаметром 28,0–34,0 мм), *B. cinerea*, *A. alternata* (22,0–29,0 мм), а у штамма *Streptomyces* sp. 9 — полностью подавлять рост *S. sclerotiorum* и в меньшей степени — фитопатогенных бактерий (зоны задержки роста — 14,0–16,0 мм). В результате проведенной селекции обнаружены естественные варианты, у которых определена антифунгальная активность и способность синтезировать вещества с фитогормональной активностью при культивировании на жидкой комплексной среде М-1. Естественные варианты № 2, 6 и 7 штамма *Streptomyces* sp. 9 обладали способностью полностью подавлять рост *A. alternata*, а рост *S. sclerotiorum* — вар. № 2, 6, 7 штамма *Streptomyces* sp. 9 и вар. 10 штамма *Streptomyces* sp. 12. Установлен стимулирующий эффект экзометаболитов (ЭМ) естественных вариантов изучаемых штаммов: увеличение количества корней на 4,6–13,8% после обработки семян тритикале водными растворами ЭМ в концентрации 1:200, длины корней — на 6,8–20,0%, а также веса корней (на 25,0–50,0%) и побегов (на 12,9–14,3%). Таким образом, штаммы стрептомицетов, выделенные из чернозема центральной части Молдовы и их естественные варианты с высокими антагонистическими свойствами против фитопатогенных грибов, могут быть рекомендованы как основа биопрепаратов для растениеводства, а их экзометаболиты, полученные после культивирования штаммов на комплексной среде М-1, при предпосевной обработке семян тритикале могут быть использованы для активизации процесса корнеобразования.

Ключевые слова: стрептомицеты, антибактериальная и антифунгальная активность, тритикале, экзометаболиты, корнеобразование.

Для цитирования: Бурцева С.А., Бырса М.Н., Маслоброд С.Н. АНТАГОНИЗМ ПО ОТНОШЕНИЮ К ФИТОПАТОГЕННЫМ БАКТЕРИЯМ И ГРИБАМ И ФИТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ СРЕПТОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМОВ МОЛДОВЫ. *Аграрная наука*. 2019; (1): 131–136.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-131-136>

Известно, что актиномицеты широко распространены в природе. Это позволяет с наибольшей пользой применять их способность синтезировать биологически активные вещества различной химической природы. Изучение особенностей актиномицетов необходимо не только для пополнения теоретических знаний, но и для решения ряда проблем биотехнологии, медицины, сельского хозяйства. Находясь в ризосфере и образуя различные физиологически активные вещества, актиномицеты играют существенную роль в жизни растений. Эта группа микроорганизмов отличается от других своей вариативностью цвета, формы, размера колоний,

Burtseva S.A.¹, Byrsa M.N.¹, Maslobrod S.N.²

¹ Institute of Microbiology and Biotechnology, Republic of Moldova

MD-2028, Republic of Moldova, Academiei Str., 1

E-mail: burtseva.svetlana@gmail.com, mellon23@yandex.ru

² Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Republic of Moldova

MD-2002, Republic of Moldova, Padurii Str., 20

E-mail: maslobrod37@mail.ru

Two strains of streptomycetes with antimicrobial activity were isolated from the chernozem of the central part of Moldova. The ability of strains to actively inhibit the growth of phytopathogenic fungi of the genus *Fusarium* (growth inhibition zone with a diameter of 28.0–34.0 mm), *B. cinerea*, *A. alternata* (22.0–29.0 mm), and *S. sp. 9* — completely suppress the growth of *S. sclerotiorum* and, to a lesser extent, phytopathogenic bacteria (zones of growth inhibition — 14.0–16.0 mm). As a result of the selection, natural variants were found in which antifungal activity and the ability to synthesize substances with phytohormonal activity were determined when cultivated on a liquid complex medium M-1. Natural variants № 2, 6 and 7 of strain *S. sp. 9* had the ability to completely suppress the growth of *A. alternata*, and the growth of *S. sclerotiorum* — var. № 2, 6, 7 of strain *S. sp. 9* and var. 10 strains of *S. sp. 12*. The stimulating effect of exometabolites of natural variants of the studied strains was established: an increase in the number of roots by 4.6–13.8 % after triticale seeds were treated with aqueous solutions of exometabolites at a concentration of 1:200, the length of roots was 6.8–20.0%, and also the weight of the roots (by 25.0–50.0%) and shoots (by 12.9–14.3%). That is, strains of streptomycetes isolated from the chernozem of the central part of Moldova and their natural variants with high antagonistic properties against phytopathogenic fungi can be recommended as the basis of biological preparations for crop production, and their exometabolites obtained after cultivating the strains on the complex medium M-1, with presowing seed treatment of triticale to enhance the process of rooting.

Key words: streptomycetes, antibacterial and antifungal activity, triticale, exometabolites, rooting.

For citation: Burtseva S.A., Byrsa M.N., Maslobrod S.N. ANTAGONISM AGAINST PHYTOPATHOGENIC BACTERIA AND FUNGI AND PHYTOREGULATING ACTIVITY OF STREPTOMYCETES OF CHERNOZEMS MOLDOVA. *Agrarian science*. 2019; (6): 131–136. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-131-136>

достаточно нестабильна в генетическом и фенотипическом плане и может проявлять значительную гетерогенность в пределах вида [4, 8].

Факторами, влияющими на появление в популяции естественных вариантов, могут быть наследственная природа штамма, условия развития, возраст и др. Известно, что чем дольше культура содержится в лабораторных условиях и чем чаще она пересеивается, тем больше наблюдается появление естественных вариантов [6].

Вариативность может иметь различный характер: индивидуальный, возрастной, культуральный и видо-

вой. Изменения могут быть длительного и не длительного характера с образованием мутаций, длительных вариаций и временных отклонений или модификаций. Так, например, при изучении природной вариабельности продуцента мицелина были найдены в популяции 4 устойчивых морфологических варианта. Установлено, что такие морфологические особенности, как цвет и форма, характеризуются высоким уровнем вариабельности, а споруляция является относительной устойчивой особенностью [14]. Степень изменения воздушного, субстратного мицелия и растворимых пигментов зависит от состава среды. Были проведены исследования по определению морфологической, культуральной, физиологической и биохимической характеристики *S. levoris* 605, показано, что от близкородственных штаммов он отличается особенностями поверхности спор, образованием растворимого желтого пигмента и содержанием в среде культивирования арабинозы [13].

Известно, что антибиотики — вещества природного происхождения, которые могут быть получены из микробов, растений, животных тканей и синтетическим путем. Однако ведущими продуцентами антибиотиков являются актиномицеты. Выделены штаммы актиномицетов, способные продуцировать биологически активные соединения с разнообразным антимикробным спектром. Из числа выделенных культур отобраны активные антагонисты фитопатогенных грибов и бактерий. Установлено, что антагонизм актиномицетов по отношению к фитопатогенным грибам обусловлен преимущественно нелетучими метаболитами, а к большинству фитопатогенных бактерий — суммарным действием нелетучих и летучих веществ. Так, например, штамм *Actinomyces flavescens* TB1 сочетает в себе фитозащитные и ростстимулирующие свойства и интересен как биологический контроль заболевания растений [7]. Существуют также различия между штаммами — продуцентами антибиотиков, причем эти различия могут быть количественными или качественными. Некоторые микроорганизмы выделяют не один, а несколько антибиотиков. Один и тот же антибиотик может продуцироваться микроорганизмами разного рода. Антибиотики получили такое широкое распространение за счет их замечательной способности — специфическим избирательным действием на определенные виды микробов, благодаря чему многие антибиотики способны подавлять жизнедеятельность патогенных микроорганизмов в безвредных для организма концентрациях.

Открытие синтеза актиномицетами антибиотиков явилось важнейшим этапом в развитии и решении проблем медицины, растениеводства, животноводства и существенно увеличило продолжительность жизни человека. Актиномицеты, как и другие микроорганизмы, могут синтезировать два и более антибиотиков, относящихся к различным классам химических соединений. Некоторые антибиотики синтезируют только актиномицеты. Для выявления актиномицетов с антимикробной активностью известен ряд методов. Для этого обычно используют определенный набор тест — организмов [8].

Одним из важных направлений в сельском хозяйстве является выявление веществ, способных защитить растения от различных заболеваний. Преимущество применения антибиотиков заключается в том, что можно избежать загрязнения почв различными химикатами, которые ранее использовали в больших количествах, что особенно практиковалось в Молдове. Применение антибиотиков уменьшает затраты на обработку и увеличивает продуктивность растений.

Применение антибиотиков в растениеводстве преследует различные цели: стимуляция роста и развития растений, профилактика и лечение заболеваний растений и т. д. К примеру, такие препараты, как фитобактериомицин, фитофлавин, гризин, триходермин использовались для защиты озимой пшеницы и капусты от болезней. Стимулирующие свойства микроорганизмов следует учитывать как один из критериев эффективности антибиотиков в растениеводстве, т.к. это имеет большое хозяйственное значение. Существуют различные препараты, синтезированные актиномицетами, применяемые для борьбы с фитопатогенными микроорганизмами. Учеными было проведено множество опытов по изучению ростстимулирующих факторов актиномицетов. Результаты экспериментов были ошеломляющие. При замачивании семян даже с очень низкой всхожестью в продуктах метаболизма актиномицетов отмечалось увеличение процента их всхожести, а также увеличение корневой системы, уменьшилось количество больных растений, существенно увеличился процент урожая (на 80 — 90%) [11].

При выращивании на некоторых средах (среда с сахарозой, среда Гаузе) стрептомицеты серии Griseus усиливали рост корней и стеблей пшеницы [10].

Известно, что большинство актиномицетов — почвенные микроорганизмы. Как и все другие элементы почвы, они вступают во взаимоотношения с окружающими организмами, в том числе и растениями [5]. Доказано, что растения могут своими корнями всасывать образуемые актиномицетами биологически активные вещества (витамины, антибиотики, аминокислоты, вещества с фитогормональной активностью и пр.). Большинство актиномицетов оказывают ростстимулирующее действие, лишь немногие могут быть токсичны [8].

В наших опытах объектами исследований были актиномицеты рода *Streptomyces*: *Streptomyces* sp. 9; *Streptomyces* sp. 12, выделенные из центральной части Молдовы, почвенный образец — чернозем карбонатный, слабогумусный, гумус — 2,4–2,5%, под монокультурой (кукуруза с 1947 года), удобрения, гербициды и пестициды не вносились в почву. Эти штаммы были отобраны для дальнейших исследований, т. к. по полученным нами ранее данным они отличались широким антимикробным спектром (фитопатогенные бактерии, фитопатогенные грибы, возбудители болезней пчел и пр.).

Известно, что природные культуры актиномицетов гетерогенны и расщепляются при расसेве на агаризованных средах.

Изменчивость проявляется в характере роста колоний, по форме, размеру, окраске, степени образования воздушного мицелия, способности окрашивать среду. Изучение естественной изменчивости позволяет выявить в популяции более перспективный тип колоний и отобрать активный вариант (клон) для дальнейшей селекции. Естественная изменчивость культур неодинаково выявляется на различных агаризованных средах, поэтому целесообразно изучать вариабельность исходного штамма на нескольких агаризованных средах. Это дает возможность отобрать ту среду, на которой морфологическая изменчивость культуры выражена наиболее сильно. В наших опытах с актиномицетами использовали следующие агаризованные среды: среда Чапека с глюкозой, крахмало-аммиачный агар (КАА), овсяный агар, среда Гаузе, среда Придхема-Готтлиба.

В результате многократных пассажей — пересевов выявленных вариантов на соответствующие среды через каждые 10–14 дней после тщательного просмотра

выросших колоний в чашках Петри и сравнения их культуральных свойств на момент выявления их были выбраны устойчивые варианты: у *S. sp. 9* — вар. 2, 6, 7, а у *S. sp. 12* — вар. 8, 10, 11.

Для определения антимикробных свойств изучаемых штаммов применяли самый простой и доступный метод агаровых блоков [3].

В наших экспериментах использовались следующие тест-культуры, которые вызывают различные заболевания растений:

Фитопатогенные грибы:

Fusarium solani, *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum* — вызывающие фузариозы, усыхание косточковых; *Rhizoctonia solani* — корневая гниль пшеницы; *Alternaria alternata* — задерживание развития семян; *Botrytis cinerea* — серая гниль плодов и овощей; *Sclerotinia sclerotiorum* — белая гниль; *Aspergillus niger* — чёрная плесень растений; *Thielaviopsis basicola* — чёрная корневая гниль; *Mucor vulgaris* — плесневый гриб, развивающийся при хранении семян, плодов, овощей.

Фитопатогенные бактерии:

Corynebacterium michiganense 13a — слизистый бактериоз; *Agrobacterium tumefaciens 8628* — слизистый бактериоз; *Erwinia carotovora 8982* — бактериальная гниль [9].

Изучаемые штаммы стрептомицетов выращивали в жидкой питательной комплексной среде М-1 (основной источник углерода и азота — кукурузная мука) в течение 5-ти суток для накопления продуктов жизнедеятельности — экзометаболитов (ЭМ). Затем готовили разведения культуральной жидкости. Семена тритикале отсчитывали и замачивали в водных растворах ЭМ изучаемых штаммов. Чтобы семена не задохнулись, жидкость должна лишь слегка покрывать их. Для сравнения семена из той же партии замачивали аналогичным образом в воде (контроль).

Замоченные семена помещали в термостат на 20–24 часа при температуре 24–26 °С. В течение этого времени семена набухают, поглощая вместе с жидкостью содержащиеся в ней продукты жизнедеятельности изучаемых штаммов. Учет результатов проводили по весу выросших проростков и по их длине [2].

Предыдущими исследованиями, после изучения и выбора из выделенных из почвы Молдовы штаммов актиномицетов, принадлежащих к роду *Streptomyces*, было установлено, что изучаемые штаммы проявляют по-разному антимикробную активность в отношении ряда тест-культур: фитопатогенных бактерий и грибов-возбудителей заболеваний сельхозкультур.

В таблице 1 представлены результаты определения антибактериальной активности стрептомицетов. Видно, что эти штаммы по-разному задерживали рост фитопатогенных бактерий.

Так, например, в меньшей степени антибактериальная активность проявилась у *Streptomyces sp. 12*: метаболиты этого штамма способны были задерживать рост только *Corynebacterium michiganense* (зоны задержки роста — 14,0 мм). Немного больше зоны задержки ро-

Таблица 1.

Антимикробная активность изучаемых стрептомицетов

№ штамма Тест — культура	Диаметр зон задержки роста тест-культур, мм	
	<i>S. sp. 9</i>	<i>S. sp. 12</i>
<i>C. michiganense 13a</i>	15,0±0	14,0±0
<i>A. tumefaciens 8628</i>	14,0±0	0
<i>E. carotovora 8982</i>	16,0±0	0
<i>A. niger</i>	19,0±0,3	17,0±0
<i>A. alternata</i>	29,0±0,6	25,0±0
<i>B. cinerea</i>	29,0±0	22,0±0
<i>F. solani</i>	29,0±0	17,5±1,1
<i>F. oxysporum</i>	34,0±1,1	-
<i>F. graminearum</i>	28,0±1,7	-
<i>S. sclerotiorum</i>	П.п.	21,5±0,6
<i>T. basicola</i>	29,0±0,8	24,0±0,3
<i>M. vulgaris</i>	29,0±0,3	23,0±0
<i>R. solani</i>	0	14,0±0,3

Примечание: «0» — отсутствие активности, «-» — определения не проводились, П.п. — полное подавление.

ста фитопатогенных бактерий под действием метаболитов *Streptomyces sp. 9* — 14,0–16,0 мм.

Результаты определения антифунгальной активности изучаемых штаммов также представлены в таблице 1, из которой видно, что они не одинаково воздействовали на представителей микромицетов рода *Aspergillus*. Так, например, *Streptomyces sp. 9* и *Streptomyces sp. 12* почти в равной степени задерживали рост *A. niger* (зоны 17,0–19,0 мм).

Рост *A. alternata* одинаково активно задерживали изучаемые штаммы (зоны 25,0–29,0 мм). По-разному воздействовали эти штаммы на рост возбудителя серой гнили плодов и овощей — *B. cinerea*: под действием *S. sp. 9* и *S. sp. 12* зоны отсутствия роста тест-культуры составляли 29,0 и 22,0 мм соответственно. Антимикробная активность в отношении фитопатогенных грибов — представителей рода *Fusarium* проверялась на 3-х штаммах — *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. graminearum*. Слабее всех антимикробная активность по отношению к этим тест — грибам проявилась у *Streptomyces sp. 12*: этот штамм задерживал рост только *F. solani* (зоны размером 17,5 мм).

Штамм *Streptomyces sp. 9* отличался высокой антимикробной активностью по отношению к представителям рода *Fusarium*. Так, например, его метаболиты вызывали появление зон задержки роста *F. solani* и *F. graminearum* в интервале 28,0–29,0 мм, а у *F. oxysporum* даже до 34,0 мм.

Для *S. sclerotiorum* сильным антагонистом можно считать *Streptomyces sp. 9*, так как он вызывал полное подавление роста этого тест-гриба. Слабее антагонизм проявился у *Streptomyces sp. 12*, его метаболиты вызывали появление зон задержки роста у этой тест-культуры до 21,5 мм.

Изучение а.м.а. этих стрептомицетов показало, что их можно отнести к активным антагонистам по отношению к *T. basicola*, т.к. зоны задержки роста были от 24,0, до 29,0 мм.

Рост представителя муковых — *M. vulgaris* изучаемые штаммы стрептомицетов задерживали следующим

Таблица 2.

Антифунгальная активность естественных вариантов изучаемых штаммов стрептомицетов

Штамм и вариант	Диаметр зон задержки роста тест-культур, мм				
	<i>A. alternata</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>F. solani</i>	<i>Rh. solani</i>	<i>S. sclerotiorum</i>
S. sp. 9	29,0±0,8	29,0±1,1	29,0±0,6	0	П. п.
Вар. 2	П. п.	29,0±1,4	0	0	П. п.
Вар. 6	П. п.	29,0±0,6	0	0	П. п.
Вар. 7	П. п.	29,0±1,1	0	0	П. п.
S. sp. 12	25,0±0	17,0±0	17,5±0	14,0±0,1	21,5±0,6
Вар. 8	25,0±0,6	0	0	0	П. п.
Вар. 10	18,0±0,3	22,0±0,3	12,0±0	0	П.п.
Вар. 11	17,0±0	20,0±0,1	14,0±0	13,0±0	0

образом: зоны отсутствия роста под влиянием метаболитов *Streptomyces* sp. 12 достигали 23,0 мм, активнее задерживал рост этого фитопатогена *Streptomyces* sp. 9 — зоны были до 29,0 мм.

Итак, изучение антимикробной активности штаммов стрептомицетов показало, что они свою активность по отношению к фитопатогенам проявляют по-разному: у одного из штаммов замечена невысокая активность по отношению к ряду тест — культур или проявляется высокая активность к какому — либо одному фитопатогену. Так, например, выявлена способность полностью подавлять рост *S. sclerotiorum* у *Streptomyces* sp. 9, этот штамм активно задерживал рост представителя рода *Fusarium* (зоны 28,0–34,0 мм), *B. cinerea*, *T. basicola* и *M. vulgaris* (зоны диаметром до 29,0 мм), тогда как метаболиты штамма № 12 у этих тест-культур вызывали образование зон задержки роста только от 14,0 до 25,0 мм.

Следующим этапом исследований было изучение антимикробной активности естественных вариантов изучаемых штаммов по отношению к фитопатогенным грибам, наиболее часто встречаемым в Молдове и вызывающим болезни и порчу таких сельскохозяйственных культур, как картофель, томат, огурец, виноград, также плодовых и ягодных культур.

По данным табл. 2 видно, что естественные варианты изучаемых штаммов стрептомицетов отличались по антифунгальной активности от исходных штаммов.

Так, например, следует отметить значительное повышение антифунгальной активности у 3-х естественных вариантов штамма S. sp. 9 по отношению к *A. alternata*: зафиксировано полное подавление роста этой тест-культуры. Сохранилась способность полного подавления роста *S. sclerotiorum* у естественных вариантов штамма S. sp. 9, но не выявлена способность их метаболитов задерживать рост *F. solani*. Одинаково активно задерживали рост *B. cinerea* естественные варианты S. sp. 9, как и исходный штамм.

Сравнивая антифунгальную активность естественных вариантов с исходным штаммом S. sp. 12 следует отметить, что по отношению к таким тест-грибам как *F. solani*, *R. solani*, *A. alternata* у естественных вариантов происходит заметное снижение активности, тогда как по отношению к *B. cinerea* 2 естественных варианта — № 10 и 11 оказались с большей антифунгальной активностью, чем исходный штамм — зоны задержки роста 20,0–22,0 мм при 17,0 мм у исходного штамма. Особое внимание заслуживают естественные варианты № 8 и 10 этого штамма. У них замечена способность полно-

стью подавлять рост *S. sclerotiorum*, тогда как метаболиты исходного штамма S. sp. 12 вызывали появление зон задержки роста диаметром только 21,5 мм, а вариант № 11 вообще не обладал способностью задерживать рост этого тест-гриба. Т.е. исследования показали, что в результате проведенной многоступенчатой селекции штаммов стрептомицетов почв Молдовы выявлены естественные варианты, существенным образом отличающиеся по своей способности задерживать рост фитопатогенных грибов, а именно: 3 варианта штамма № 9 полностью подавляют рост *A. alternata* и 2 варианта штамма № 12 полностью подавляют рост *S. sclerotiorum*,

тогда как исходный штамм № 9 обладал способностью задерживать рост *A. alternata* с образованием зон диаметром до 29,0 мм, а исходный штамм № 12 — рост *S. sclerotiorum* — до 21,5 мм.

Вследствие того, что на почву воздействуют многочисленные природные и антропогенные факторы, происходит перестройка экологической обстановки, которая обусловлена изменением структуры микрорганов сообществ и их метаболической активности. Изучение конкретных механизмов этого процесса позволит направленно регулировать биохимические образования, протекающие в почвах и, как следствие, их плодородие. Все почвенные организмы оказывают воздействие на растения. Благоприятное влияние микроорганизмов может быть прямым и косвенным, например, через подавление роста либо уничтожение фитопатогенов [16].

В литературе имеется много данных о положительном влиянии чистых культур бактерий, грибов и актиномицетов на рост и урожай растений. Микробы — активаторы увеличивают процент всхожести семян, ускоряют рост проростков, а нередко и изменяют характер биохимических процессов. Отмечено, что фильтраты культур микроорганизмов оказывают положительное действие только в малых дозах.

Проведенные исследования показывают, насколько велика и разнообразна микрофлора, продуцирующая биотические вещества. Посредством этих веществ микроорганизмы, развиваясь в почве, активизируют рост, питание и многие жизненно важные процессы как у высших, так и у низших организмов, в том числе и растений [8].

Учитывая данные литературы и полученные нами ранее данные по изучению влияния ЭМ стрептомицетов на всхожесть и ряд физиологических показателей проростков семян сельскохозяйственных культур (томаты, огурцы, табак, кукуруза и т. д.), была проведена серия опытов по определению изменения всхожести и основных физиологических показателей проростков семян тритикале, обработанных водными растворами ЭМ изучаемых штаммов стрептомицетов и их естественных вариантов.

По данным литературы известно, что для того, чтобы существенно повысить эффективность обработки семян сельскохозяйственных культур микробными метаболитами, вначале необходимо определить оптимальную концентрацию этих метаболитов в опыте [2]. В наших опытах использовали разведение КЖ, содержащей комплекс ЭМ изучаемых штаммов, 1:200, которое

является оптимальным при обработке ими семян растений [2].

В табл. 3 приведены результаты определения изменений некоторых физиологических показателей проростков тритикале после обработки их растворами ЭМ изучаемых штаммов и их естественных вариантов. Видно, что биологически активные вещества, синтезируемые стрептомицетами при культивировании на комплексной среде М-1, оказали положительное воздействие на процесс корнеобразования. Так, например, ЭМ вариантов № 8 и № 10 штамма *Streptomyces* sp.12 незначительно повысили количество образовавшихся корней (на 4,59% по отношению к контролю), тогда как вариант № 11 показал увеличение этого параметра (на 13,8% по отношению к контролю). Длина (суммарная) корней увеличилась по отношению к контролю после обработки семян растворами ЭМ вар. № 2 у *S. sp. 9* на 6,78%, а варианты № 8 и № 10 у *S. sp. 12* увеличивали — на 20,03 и 15,14% соответственно, тогда как ЭМ штамма *S. sp. 9* вообще не способствовали увеличению длины корней (63,88% к контролю), а ЭМ штамма *S. sp. 12* стимулировали увеличение длины корней, но в меньшей степени, чем растворы ЭМ естественных вариантов. Следует также обратить внимание на то, что ЭМ естественного варианта № 2 у исходного штамма *S. sp. 9* обладают способностью стимулировать рост главного корня (на 11,96% по отношению к контролю), тогда как у ЭМ исходного штамма это свойство отсутствует. Представляет интерес и факт увеличения длины главного корня на 21,84% после обработки семян растворами ЭМ *S. sp. 12* вар. № 8, тогда как другой вариант этого стрептомицета способствует увеличению длины корня только на 14,81%, а ЭМ исходного штамма *S. sp. 12* обеспечили увеличение длины корня на 18,55% по отношению к контролю. В условиях наших опытов не было выявлено положительное действие растворов ЭМ изучаемых штаммов стрептомицетов и их естественных вариантов на изменение длины побега. Т. е. можно предположить, что в комплексе биологически активных веществ (БАВ), синтезируемых изучаемыми стрептомицетами и их вариантами при культивировании на комплексной среде М-1 в большей степени содержатся вещества с фитогормональной активностью типа ауксинов. Полученные нами результаты согласуются с литературой, т. к. известно, что актиномицеты в процессе жизнедеятельности синтезируют кроме антибиотиков и такие БАВ как витамины, аминокислоты, ауксины, которые используют в растениеводстве. Эти БАВ, влияя на ростовые процессы растений,

Таблица 3.

Изменение физиологических показателей проростков тритикале (сорт Инген 93) при обработке семян экзометаболитами стрептомицетов

№ штамма, варианта	Количество корней, % к К	Длина корней, % к К	Длина главного корня, % к К	Длина стебля, % к К
H ₂ O (К)	100	100	100	100
<i>S. sp. 9</i>	106,89	63,88	70,58	37,22
Вар. 2	100	106,78	111,96	41,19
Вар. 6	96,55	83,43	101,64	37,39
Вар. 7	100	87,22	102,74	37,28
<i>S. sp. 12</i>	102,29	112,30	118,55	52,85
Вар. 8	104,59	120,03	121,84	42,47
Вар. 10	104,59	115,14	114,81	56,05
Вар. 11	113,79	94,32	100,43	47,25

Рис. 1. Влияние экзометаболитов стрептомицетов на изменение массы сырых корней тритикале

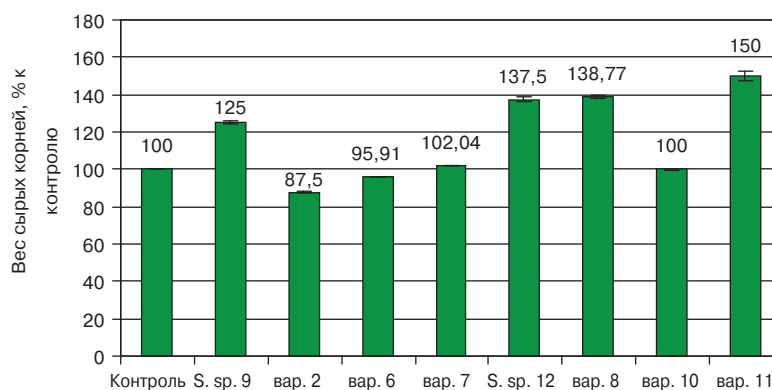
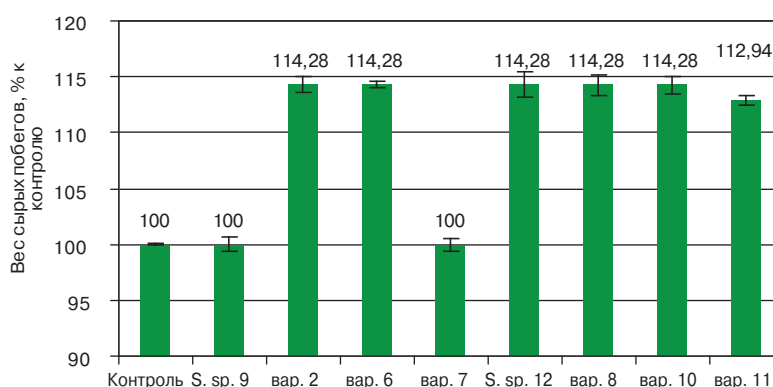


Рис. 2. Влияние экзометаболитов стрептомицетов на изменение веса сырых стеблей тритикале



стимулируют прорастание семян, корнеобразование и повышают урожайность [1, 12, 15].

На рис. 1 и 2 представлены результаты определения веса сырых корней и стеблей проростков тритикале после обработки семян растворами ЭМ изучаемых стрептомицетов.

Видно, что увеличение массы сырых корней происходило под влиянием ЭМ вар. № 8 и № 11 штамма *S. sp. 12*, причем ЭМ этих вариантов стимулировали увеличение массы корней не только по сравнению с контролем, но и по сравнению с растворами ЭМ исходного штамма *S. sp. 12*. Увеличение массы сырых стеблей замечено после обработки семян тритикале растворами ЭМ вар. №6, 8, 10

и 11. Однако это увеличение было практически на уровне исходных культур (штаммов *S. spp.* 9 и 12). Т.е. проведенные опыты показали, что обработка семян тритикале растворами ЭМ изучаемых штаммов и их естественных вариантов способствовала, в основном, развитию корневой системы: было отмечено увеличение длины корней и их массы в большей степени, чем у стеблей.

Выводы

1. Выделенные из почвы Молдовы штаммы стрептомицетов в разной степени способны подавлять рост фитопатогенных бактерий и грибов: метаболиты изучаемых штаммов вызывают образование зон задержки роста фитопатогенных бактерий диаметром 14,0–16,0 мм. Гораздо активнее происходит задержка роста фитопатогенных грибов — представителей рода *Fusarium* (зоны диаметром 28,0–34,0 мм), *B. cinerea* (22,0–29,0 мм), *A. alternata* (25,0–29,0 мм), а метаболиты штамма *S. sp.* 9

обладают способностью полностью подавлять рост *S. sclerotiorum*.

2. Выявлены естественные варианты изучаемых стрептомицетов, способные полностью подавлять рост *A. alternata* (варианты № 2, 6 и 7 штамма *S. sp.* 9) и *S. sclerotiorum* (варианты № 2, 6 и 7 штамма *S. sp.* 9 и варианты № 8 и 10 штамма *S. sp.* 12).

3. Обработка семян тритикале растворами экзометаболитов стрептомицетов оказывает стимулирующий эффект на корнеобразование (увеличение количества корней на 4,6–13,8% под влиянием ЭМ вариантов № 8 и № 10 штамма *S. sp.* 12 соответственно), увеличение длины корней на 6,78–20,03% — вариант № 2 штамма *S. sp.* 9 и варианты № 8 и № 10 штамма *S. sp.* 12.

4. Экзометаболиты изучаемых штаммов и их естественных вариантов после обработки семян увеличивают массу сырых корней (на 25,0–50,0%) и сырых стеблей проростков тритикале (на 12,94–14,28%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриук К.И., Иутинська Г.О., Антипчук А.Ф. и др. Функционирование микробных угруповань ґрунту в умовах антропогенного навантаження // К.: Обереги, 2001. 239 с.
2. Возняковская Ю.М. Предпосевная стимуляция семян микроорганизмами — продуцентами витаминов // Всес. конф. «Микроорганизмы — стимуляторы и ингибиторы роста растений и животных». Ташкент. Тез. докл 1989. ч. 1. с. 67.
3. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках // М. Изд. Наука, 2004. 528 с.
4. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов // М.: ГЕОС, 2001. 256 с.
5. Зенова Г.М. Почвенные актиномицеты // Изд-во Моск. Ун-та, 1992. 78 с.
6. Калакуцкий Л.В., Никитина Е.Т. К анализу явлений «естественной» изменчивости у актиномицетов // Успехи микроб-и. М.: Наука, 1976. с. 67–100.
7. Коломиец Э.И., Здор Н.А., Романовская Т.В., Лобанок А.Г., Босякова И.А. Антигрибная и антибактериальная активность актиномицетов разлагающих целлюлозу. Прикладная биохимия и микробиология. 1994. Т. 30. с. 644–649.
8. Красильников Н.А. Лучистые грибки // Изд-во «Наука», Москва, 1970. с. 526–536.
9. Попкова К.В. Общая фитопатология // М. Агропромиздат, 1989. с. 400.
10. Тулемисова К.А., Мамонова Л.П. Антибиотики — основа для создания биопрепаратов комплексного воздействия на фитопатогены // II Симпоз. стран-членов СЭВ по микробным пестицидам. М. 1990. с. 61–63.
11. Тулемисова К.А., Мамонова Л.П. Актиномицеты — стимуляторы роста растений // Всесоюз. Конф. «Микроорганизмы — стимуляторы и ингибиторы роста растений и животных». Тез. Докл., Ташкент, 1989. с. 202.
12. Abd-alla M.H., El-Sayed E.A., Rasmey A.M. Indole-3-acetic acid (IAA) production by *Streptomyces atrovirens* isolated from rhizospheric soil in Egypt // Journal of Biology and Earth Sciences. 2013. № 3. p. 182–193.
13. Gesheva V., Gesheva R., Ivanova V., Sashev R., Durakcieva M., Gamoyska I., Tzezeg B. Taxonomy of *Streptomyces levis* strain 605 producing antifungal antibiotics // Comptes Rendus — Academie Bulgare Des Sciences. 1993. № 46. p. 85–88.
14. Khurtsilava N., Lomtadze Z. Natural viability of *Streptomyces violaceus* // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. 2002. № 3. p. 574–576.
15. Lin L., Xu X. Indole-3-acetic acid production by endophytic *Streptomyces sp.* En-1 isolated from medicinal plants // Current Microbiology. 2013. № 67. p. 209–217.
16. Verma V.C., Singh S.K., Prakash S. Bio-control and plant growth promotion potential of siderophore producing endophytic *Streptomyces* from *Azadirachta indica* A. Juss // Journal of Basic Microbiology. № 51. 2011. p. 550–556.

ОБ АВТОРАХ:

Бурцева С.А., доктор биологических наук, профессор
Бырса М.Н., аспирант
Маслоброд С.Н., доктор биологических наук

REFERENCES

1. Andriuk K.I., Iutinska G.O., Antipchuk A.F. et al. Functioning of microbial groups of soil in conditions of anthropogenic influence // Kiev: Oberegi, 2001. 239 p.
2. Vozneakovskaya U.M. Presowing seed stimulation by microorganisms — producers of vitamins // All-Soviet Conference «Microorganisms — stimulators and inhibitors of plant and animal growth». Tashkent. Proceedings. 1989. vol. 1. p. 67.
3. Egorov N.S. Fundamentals of the study of antibiotics // Moscow: Nauka, 2004. 528 p.
4. Zveagintsev D.G., Zenova G.M. Ecology of actinomycetes // Moscow: GEOS, 2001. 256 p.
5. Zenova G.M. Soil actinomycetes // Moscow: MGU, 1992. 78 p.
6. Kalakutskii L.V., Nikitina E.T. To the analysis of the phenomena of «natural» variability of actinomycetes // Advances in Microbiology. Moscow: Nauka, 1976. pp. 67–100.
7. Kolomiets A.I., Zdor N.A., Romanovskaya T.V., Lobanok A.G., Boseakova I.A. Antifungal and antibacterial activity of actinomycetes decomposing cellulose. Applied Biochemistry and Microbiology. 1994. vol. 30. pp. 644–649.
8. Krasilnikov N.A. Radiant fungi // Moscow, Nauka, 1970. pp. 526–536.
9. Popkova K.V. General phytopathology // Moscow, Agropromizdat., 1989. 400 p.
10. Tulemisova K.A., Mamonova L.P. Antibiotics — the basis for the creation of biologics of complex effects on phytopathogens // II Symposium of the CMEA member countries on microbial pesticides. Moscow. 1990. pp. 61–63.
11. Tulemisova K.A., Mamonova P.P. Actinomycetes — plant growth stimulants // All-Soviet Conference «Microorganisms — stimulators and inhibitors of plant and animal growth». Proceedings, Tashkent, 1989. p. 202.

ABOUT THE AUTHORS:

Burtseva S.A., PhD in Biology, Professor
Byrsa M.N., PhD student
Maslobrod S.N., PhD in Biology