

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ STREPTOMYCES SP., ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ АРИДНОЙ ЗОНЫ, В ОТНОШЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

ESTIMATION OF BIOLOGICAL
EFFICIENCY OF BACTERIA
STREPTOMYCES SP., ISOLATED
FROM SUSPENDED SOILS OF ARID
ZONE WITH RESPECT TO PATHOGENS
OF POTATO VIRAL DISEASES

L. Grigoryan
Yu. Bataeva
V. Shlyakhov
M. Egorov
E. Andreeva

Summary. In this paper, the biological effectiveness of a suspension of *Streptomyces* sp., isolated from saline soils of the Astrakhan region was studied when growing Red Scarlett potatoes in a small-scale production experiment. The results of PCR-diagnostics of potato viral diseases showed the effectiveness of the treatment with the suspension of the studied bacteria, which reduced the harmfulness of phytoviruses and restrained their development. The results of field trials suggest that the biological efficacy in treating with a suspension of the bacteria was 78,2%. An increase in yield by 32,1% in comparison with the control (without treatment) was established.

Keywords: Streptomycetes, potatoes, phytoviruses, insects — vectors of plant diseases, biological effectiveness, Astrakhan region.

Григорян Лилия Норайровна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

lilyagrigroryan90@gmail.com

Батаева Юлия Викторовна

Доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

Шляхов Виктор Александрович

К.с.-х.н., ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

Егоров Михаил Алексеевич

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

Андреева Екатерина Денисовна

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

Аннотация. В работе изучена биологическая эффективность суспензии бактерий *Streptomyces* sp., выделенных из засоленных почв Астраханского региона, при выращивании картофеля «Ред Скарлетт» в производственном мелкоделаночном опыте. Результаты ПЦР-диагностики вирусных болезней картофеля показали эффективность обработки суспензией исследуемых бактерий, которая снижала вредоносность фитовирусов и сдерживала их развитие. Результаты полевых испытаний свидетельствует о том, что биологическая эффективность при обработке суспензией бактерий составила 78,2%. Установлено увеличение урожайности на 32,1% в сравнении с контролем (без обработки).

Ключевые слова: Стрептомицеты, картофель, фитовирусы, насекомые — переносчики болезней растений, биологическая эффективность, Астраханская область.

Введение

Астраханская область, являясь крупнейшим поставщиком сельскохозяйственной продукции на юге России, имеет серьезные перспективы по дальнейшему наращиванию объемов производства растениеводческой продукции. Однако в последние годы в регионе складывается тяжелая фитосанитарная обстановка, связанная с широким распространением вирусных болезней растений, в частности, картофеля [Шляхов и др., 2014].

Кроме того, почвы Астраханской области представляют собой своеобразные природные экосистемы, в ко-

торых высокие концентрации солей и недостаток влаги создают экстремальные условия для выращивания сельскохозяйственных культур.

В микробном пейзаже почв Астраханской области, которая характеризуется высокими концентрациями солей и недостатком влаги, одними из наиболее неприхотливых и распространенных почвенных микроорганизмов являются актиномицеты, в особенности, стрептомицеты [Бурцева и др. 2016; Звягинцев и др., 2008; Илич и др., 2007; Климова, 2004; Новикова и др., 2009, 2017; Пойрас и др., 2015; Шевченко, 2016; Voikova, 2000]. Стрептомицеты играют большую роль в круговороте органических веществ в почве, в биодеструкции

сложных полимеров: лигнина, хитина, целлюлозы, гумусовых соединений [Gos, 2017; Hamed, 2015; Lee, 2015; Sharikrishnan, 2013; Singh, 2014].

Развиваясь в условиях аридного экстремального климата, формируются сообщества стрептомицетов со специфическими свойствами [Lu, 2017; Prapagdee, 2008; Ruiz, 2010; Shirobokov, 2016].

Многие представители этой группы вызывают важный практический интерес, как продуценты антибиотических и других биологически активных веществ, играющих большую роль в сельском хозяйстве [Abdel, 2009; Badzhinerov, 2009; Jayamurthy, 2014].

В связи с чем, изучение почвенных стрептомицетов, выделенных из почвенных биотопов аридной зоны Астраханского региона, является перспективным направлением в агробиотехнологии [Агансонова и др., 2002; Бойкова И. В. и др., 2011; Долженко и др., 2012; Доолткельдиева и др., 2004; Baltz, 2016; Chen, 2015].

Цель настоящих исследований — изучить биологическую эффективность суспензии бактерий *Streptomyces sp.*, выделенных из засоленных почв аридной зоны, в отношении возбудителей вирусных болезней картофеля.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования были выполнены в научно — производственной лаборатории биотехнологий Астраханского государственного университета (АГУ), в испытательной лаборатории филиала ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Астраханской области, а также в хозяйстве Енотаевского района Астраханской области ИП ГКФХ Умхаджиев Саид Лом-Алиевич (Астраханская область, Енотаевский район, с. Михайловка).

Объектами исследований служили бактерии *Streptomyces sp.*, выделенные из засоленных почв аридной территории Астраханской области в 2013 году и обладающие выраженными фитостимулирующими, инсектицидными и противовирусными свойствами.

Площадь, обрабатываемая культурой стрептомицетов на картофеле «Ред Скарлетт», составила 2 га. Контрольный участок не обрабатывался химическими средствами защиты и удобрениями.

Опыт был представлен двумя вариантами в четырехкратной повторности:

1. Обработка картофеля трехсуточной культурой бактерий *Streptomyces sp.* с титром клеток 10^9 КОЕ/мл.

Расход рабочей жидкости — 300 л/га, норма расхода суспензии — 4 л/га.

2. Контрольный участок. Для обработки использовали воду для полива.

Обработку культуральной жидкостью бактерий проводили в утренние часы. За время проведения испытания проведено 3 обработки. Способ обработки — пролив или опрыскивание.

Фазы развития в момент проведения обработок были следующие:

- ◆ Первый пролив под корень — 24 августа 2017 г. (фаза бутонизации);
- ◆ Опрыскивание — 3 сентября 2017 г. (конец цветения) — клубнеобразование,
- ◆ Второй пролив под корень — 13 сентября 2017 г. (через 10 дней после второй обработки).

Размер опытных делянок — 20 м² (не менее 20 учетных растений), размещение — рендомизированное.

Норма посадки картофеля составила из расчета 40 тыс. клубней / га.

Для идентификации вирусной инфекции использовали тестирующий набор растений-индикаторов, включающий виды: *Nicotiana glutinosa* L., *Nicotiana sylvestris* Speg.et Comes., *Nicotiana rustica* L., *Nicotiana tabacum* L.v. Samsun 959, *Nicotiana debney* Domin., *Datura stramonium* L., *Gomphrena globosa* L., *Cucurbita digitata* L.

Материалом для диагностики вирусов методом иммунохроматографического анализа (ИХА) служили иммунострипы ImmunoStrip Test Kit Flashkits (США), которые состоят из пластины микротитра, пропитанной щелочным ферментом, покрытой с обеих сторон антителами выявляемого возбудителя заболевания, и пакета с буфером для экстракции образцов. Для проведения анализа часть листа (0,15 г.) исследуемого растения помещали в пакет с буфером и разминали его. Иммунострип помещали в пакет, погружая только 0,5 см в буферный раствор с инокулюмом до метки «sample» и оставляли на 3–5 минут до появления результата.

Материалом для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридизационно-флуоресцентной детекцией продуктов ПЦР в режиме «реального времени» с использованием микрочипового амплификатора нуклеиновых кислот «АриаДНА» служили пробы ДНК и РНК, полученные из клубней или зеленой массы картофеля. Для проведения ПЦР-диагностики было использовано 2 набора микрочипов: «Фитопатогены картофеля».

Таблица 1. Биологическая эффективность культуры стрептомицетов против вирусных болезней на картофеле через пять дней после первого полива под корень

Вариант полива под корень, норма расхода	Дата обработки: 24.08.2017 г.	
	Распространение, %	Биологическая эффективность, %
Обработка суспензией штамма	30,0±1,7	53,9±3,3*
Контроль	65,0±0,5	0

Примечание: * — различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Таблица 3. Биологическая эффективность культуры стрептомицетов против вирусных болезней на картофеле через пять дней после третьей обработки — пролив под корень (учет 18.09.2017 г.)

Вариант полива под корень, норма расхода	Дата обработки: 03.09.2017 г.	
	Распространение, %	Биологическая эффективность, %
Обработка суспензией бактерий	10,0±1,2*	78,2±2,5
Контроль	81,2±0,9	0

Примечание: * — различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Таблица 2. Биологическая эффективность культуры стрептомицетов против вирусных болезней на картофеле через пять дней после второй обработки — опрыскивание (учет 08.09.2017 г.)

Вариант полива под корень, норма расхода	Дата обработки: 03.09.2017 г.	
	Распространение, %	Биологическая эффективность, %
Обработка суспензией штамма	20,0±1,8*	71,8±3,5
Контроль	70,8±2,2	0

Примечание: * — различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

ДНК» и «Фитопатогены картофеля. РНК». Набор микро-чипов «Фитопатогены картофеля. ДНК» предназначен для выявления специфических последовательностей ДНК в геноме *Phytophthora infestans*, *Pectobacterium atrosepticum*, *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum*, *Dickeya dianthicola*, *Dickeya solani*, *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus (CMS)* и *Ralstonia solanacearum*. Набор микрочипов «Фитопатогены картофеля. РНК» предназначен для выявления специфических последовательностей РНК вирусов *PVY (o и ntn)*, *PVX*, *PVM*, *PVA*, *PVS*, вируса скручивания листьев (*PLRV*), вируса метельчатости верхушки (моп-топ, *PMTV*), а также вириода *PSTVd*.

Для индикаторного метода диагностики тестирующие растения-индикаторы выращивали в индикаторной лаборатории филиала «Россельхозцентр». Семена высевали в горшки диаметром 25–30 см, а затем пикировали по одному в горшки меньшего диаметра (7–12 см). Используемый торф — верховой кипованный (рН=6,8–7,2). Температура воздуха в период выращивания составляла

20–25 °С, что было оптимальным режимом для индикаторных растений. В осенне-зимний период использовали светоустановки. В течение вегетации за растениями осуществляли агротехнический уход.

Инокуляцию вирусной инфекции осуществляли на стадии 3–4 листьев. Листья образцов растирали пестиком в фарфоровой ступке, предварительно продезинфицированной кипячением в течение 20 минут. Искусственному заражению подвергались молодые, интенсивно растущие растения. Перед инокуляцией растения затеняли на 24 часа, что способствовало повышению их чувствительности к заражению. В качестве контроля были использованы здоровые растения. Наблюдения за индикаторами начинали через 1–2 дня после заражения и проводили регулярно в течение четырех недель, обращая внимание как на инокулированные листья, так и на молодые, отрастающие вновь. Признаки местной реакции появляются через 3–12 дней после инокуляции, системной реакции — через 7–30 дней.

Результаты и их обсуждение

Посадка картофеля на опытном участке было произведена 10 июля 2017 г. Первые всходы появились 28 июля 2017 г.

Почвы, на которых проходили испытания относятся к аллювиальным (пойменным). Предшественником картофеля были зерновые культуры. Агротехнические мероприятия, которые проводились на участке, были общепринятыми для зоны нижнего Поволжья. Среди мероприятий по уходу за опытными делянками была ручная прополка дорожек. Полевые испытания были проведены с июля по сентябрь 2017 г.

Результаты визуальных обследований посадок картофеля показали наличие достаточно ярко выраженных симптомов проявления вирусной инфекции. Среди симптомов, характеризующих присутствие вирусов на картофеле, были: морщинистость и деформация листьев, недоразвитость растений, карликовость.

После первой обработки — пролива под корень установлено, что в контрольном варианте распространенность вирусных болезней составила 65%, а в опытном — 30%. Эффективность суспензии штамма составила 53,9% (табл. 1).

На посадках картофеля были отобраны образцы с симптомами вирусносительства (морщинистость и деформация листьев, недоразвитость растений, карликовость).

В лабораторных условиях образцы картофеля с симптомами вирусной инфекции были диагностированы методом растений-индикаторов (рис. 1).

После заражения на 12 день на *N. tabacum* v. *Samsun* 959 были четко видны симптомы мозаичности листьев и некроза по жилкам. Проведен экспресс-метод ИХА на иммунострипах, а также ПЦР-анализ в режиме реального времени на микрочиповом амплификаторе AriaDNA. Таким образом, в результате фитосанитарного мониторинга посадок картофеля сорта Ред Скарлетт установлена степень пораженности растений вирусной инфекцией. Проведенные анализы показали присутствие на опытном участке поражения картофеля Y-вирусом УВК.

В ходе исследования на испытательном участке на начальных этапах встречались яркие симптомы проявления вирусносительства на посадках картофеля. На данные растения ставились маркировки для проведения строгого мониторинга во время учетов. Материал с симптомами проверяли на наличие вирусной инфек-



Рис. 1. Растения-индикаторы на базе фиалиала (ориг., 2017)



Рис. 2. Картофель «Ред Скарлетт» (УВК, 65–80%) на контрольном участке (ориг., 2017)



Рис. 3. Симптомы вирусносительства на посадках картофеля в опыте с культурой бактерий (ориг., 2017)

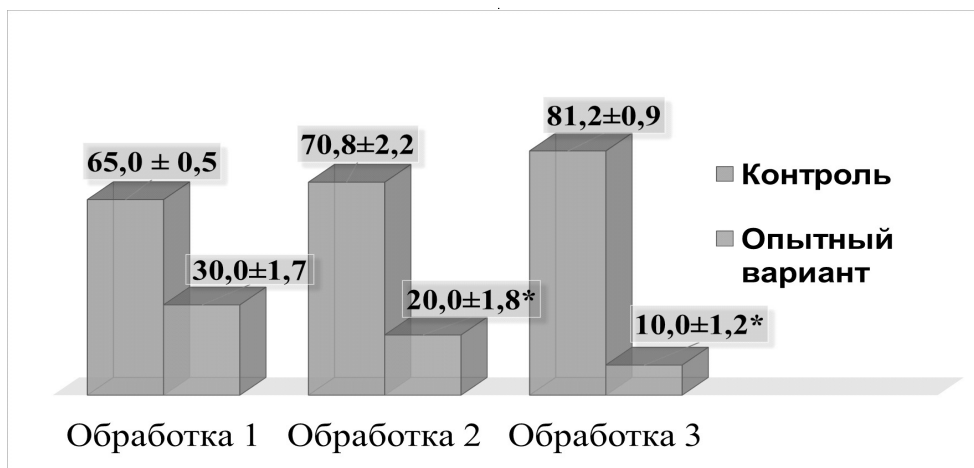


Рис. 3. Влияние культуры бактерий *Streptomyces* sp. на распространение вирусных инфекций картофеля в полевом опыте, %

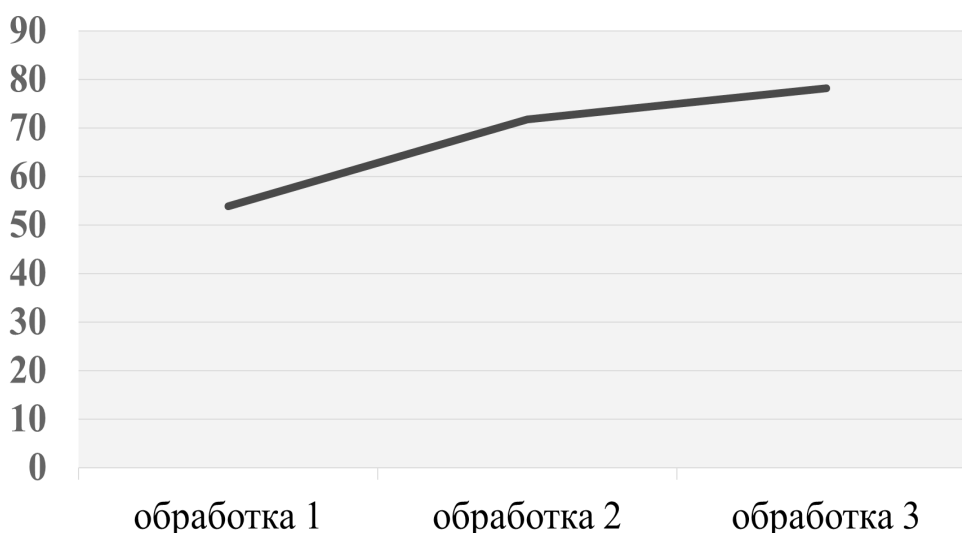


Рис. 4. Биологическая эффективность действия культуры бактерий *Streptomyces* sp. в полевом опыте, %

ции визуальным, индикаторным, иммунохроматографическим (иммунострипы) и ПЦР методами в лаборатории на базе филиала «Россельхозцентр».

Среди возбудителей вирусной инфекции на картофеле на начальных этапах был распространен УВК (рис. 2,3).

Первый результативный учет развития вирусных болезней был проведен 29 августа 2017 г. (табл. 2). При учетах после второй обработки 3 сентября 2017 г., на контрольном варианте распространение вирусных болезней увеличилось до 70,8% (табл. 2).

Результаты второй обработки растений картофеля суспензией бактерий методом опрыскивания, представ-

ленные в таблице 2, свидетельствуют о повышении биологической эффективности до 71,8%.

При учете 18.09.2017 г. после третьей обработки — пролива под корень в контрольном варианте, распространение вирусных болезней увеличилось до 81,2% (табл. 3, рис. 3).

Из данных таблицы 3 выявлено, что биологическая эффективность при обработке суспензией штамма составила 78,2% (рис. 4).

Кроме того, следует отметить, что по урожайности растения опытного варианта превосходили контрольные образцы. На обработанных делянках прибавка

Таблица 4. Влияние культуры бактерий *Streptomyces sp.* на урожайность картофеля

Вариант опыта	Урожайность, т/га	
	Валовая	Товарная
Обработка культурой бактерий	26,4 ± 2,4	23,7 ± 1,7
Контроль	19,5 ± 1,1	16,1 ± 0,8

Таблица 5. Результаты экспертизы картофеля методом ПЦР-диагностики через пять дней после первой обработки — пролив под корень (учет 29.08.2017 г.)

№ п/п	Варианты опыта	Пораженность картофеля, вирусными фитопатогенами, %							
		У-вирус	Х-вирус	М-вирус	А-вирус	S-вирус	Вирус скручивания	Вирус метельчатости	Вироид веретеновидности
1	Контроль	1,5	0	0	0	0	0	0	0
2	Обработка культурой бактерий	0,7	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 6. Результаты экспертизы картофеля методом ПЦР-диагностики через пять дней после второй обработки — опрыскивание (учет 08.09.2017 г.)

№ п/п	Варианты опыта	Пораженность картофеля, вирусными фитопатогенами, %							
		У-Вирус	Х-вирус	М-вирус	А-вирус	S-вирус	Вирус скручивания	Вирус метельчатости	Вироид веретеновидности
1	Контроль	25,5	3,7	0	0	0	2,3	0	0
2	Обработка культурой бактерий	0,9	0	0	0	0	0	0	0

по валовой урожайности в опытных вариантах при норме расхода препарата 4 л/га составила 6,9 т/га (35,4%).

Прибавка урожайности товарного картофеля составила на вариантах с обработкой суспензией бактерий при норме расхода 4 л/га –7,6 т/га (47,2%). Влияние суспензии бактерий на урожайность картофеля представлено в таблице 4. Биологическая эффективность суспензии исследуемых бактерий составила 77%.

Образцы картофеля с подозрением на скрытую зараженность вирусной инфекцией подвергались ПЦР-диагностике. Всего было диагностировано 40 растительных образцов картофеля и 40 клубней. Учитывая то, что в опыте 2 варианта с четырехкратной повторностью — с каждой делянки (повторности) отбирались растительные образцы в количестве 5 шт., а также клубни в количестве 5 шт. В результате исследования было использовано 80 микрочипов на РНК-содержащие фитопатогены. ПЦР-диагностика проводилась три раза через 5 дней после обработок (29.08.2017 г., 08.09.2017 г., 18.09.2017 г.).

Анализ результатов проводили с помощью программного обеспечения микрочипового амплификатора нуклеиновых кислот в режиме реального времени «АриаДНА».

В результате ПЦР — диагностики клубней картофеля во всех образцах было установлено наличие вирусной инфекции (УВК) (табл. 5, 6, 7).

По данным таблицы 5 следует, что ПЦР-диагностика выявила лишь У-вирус картофеля, пораженность которым, в контроле превышает опытный вариант на 0,8%. Результаты диагностики картофеля после второй обработки представлены в таблице 6.

Данные, представленные в таблице 6, свидетельствуют о том, что пораженность картофеля У-вирусом в контроле увеличилась в 17 раз. Помимо УВК в данном варианте опыта обнаружен Х-вирус картофеля с пораженностью 3,7% и вирус скручивания с пораженностью 2,3%. Пораженность картофеля после второй обработки культурой бактерий *Streptomyces sp.* оставалась

Таблица 7. Результаты экспертизы картофеля методом ПЦР-диагностики через пять дней после третьей обработки пролив под корень (учет 18.09.2017 г.)

№ п/п	Варианты опыта	Пораженность картофеля, вирусными фитопатогенами, %							
		У-Вирус	Х-вирус	М-Вирус	А-вирус	S-вирус	Вирус скручивания	Вирус метельча-тости	Вироид веретеновидности
1	Контроль	53,4	13,5	0	0	0	7,3	0	0
2	Обработка культурой бактерий	2,7	0	0	0	0	0	0	0

на прежнем уровне и увеличилась лишь на 0,2%. Результаты диагностики картофеля после третьей обработки представлены в таблице 7.

По результатам, полученным после третьей обработки установлено, что в контрольном варианте увеличилась пораженность картофеля 3 вирусными фитопатогенами: У-вирус картофеля (53,4%), Х-вирус картофеля (13,5%) вирус скручивания (7,3%). В варианте с обработкой суспензией исследуемых стрептомицетов не обнаружена зараженность другими видами фитопатогенов, а пораженность У-вирусом картофеля составила 2,7%, что свидетельствует о сдерживании развития и распространения вирусных возбудителей, оказываемое суспензией бактерий *Streptomyces sp.*

Заключение

Анализ данных, полученных при исследовании влияния культуры бактерий *Streptomyces sp.* на вирусные болезни картофеля в полевом опыте, свидетельствует о том, что биологическая эффективность составила 78,2%. Установлено увеличение урожайности на 32,1%

в сравнении с контролем (без обработки). Урожайность картофеля в варианте с обработкой суспензией бактерий *Streptomyces sp.* составила 36 т/га.

При идентификации вирусных болезней картофеля методом ПЦР в режиме реального времени в варианте с обработкой суспензией исследуемых бактерий *Streptomyces sp.* зараженность типичными для картофеля видами фитовирусов не обнаружена, а пораженность У-вирусом картофеля составила 2,7%, что доказывает сдерживание развития и распространения вирусных возбудителей, оказываемое стрептомицетами. В контрольном варианте были диагностированы три вида вирусных фитопатогенов: У-вирус картофеля (53,4%), Х-вирус картофеля (13,5%) вирус скручивания (7,3%).

Суспензия бактерий *Streptomyces sp.* с титром клеток 10^9 КОЕ/мл является перспективным элементом агробиотехнологии, на основе которого планируется разработка лабораторного образца биопрепарата для снижения вредоносности вирусных фитопатогенов и повышения урожайности картофеля.

ЛИТЕРАТУРА

- Агансонова Н. Е., Павлюшин В. А. Использование метаболитов актиномицетов против оранжерейной белокрылки, тлей, трипсов и паутиного клеща. Информационный бюллетень ВПРС МОББ, 2002, 33: 114–120.
- Бойкова И. В., Петров А. Ю. Мелоден — новый биопрепарат на основе стрептомицета для борьбы с галловой нематодой в сборнике: Интегрированная защита растений: стратегия и тактика материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня организации РУП «Институт защиты растений», 2011: 167–171.
- Бурцева С. А., Маслроброд С. Н., Акири И. Г., Братухина А. А., Бырса М. Н. Регуляция роста растений метаболитами стрептомицетов почв Молдовы и перспективы их применения. Вестник защиты растений, 2016, 89 (3): 35–37.
- Долженко В. И., Буркова Л. А., Иванова Г. П., Никулина Л. И., Долженко Т. В. Новые препараты на основе метаболитов актиномицетов для регуляции численности вредителей. В сборнике: Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные мировые тенденции в производстве и применении биологических и экологически малоопасных средств защиты растений», 2012: 136–138.
- Доолоткельдиева Т. Д., Тотубаева Н. Э. Биологическая эффективность новых штаммов *Streptomyces* для стимуляции роста сеянцев хвойных пород. Исследования живой природы Кыргызстана, 2004, 5: 101–105.
- Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М., Оборотов Г. В. Мицелиальные бактерии засоленных почв. Почвоведение, 2008, 10: 1250–1257.
- Илич С. Б., Константинович 2008, 10: 1250–1257. С. С., Тодорович З. Б., Лазич М. Л., Велькович В. Б., Йокович Н., Радованович Б. Ц. Биоактивные метаболиты из изолятов стрептомицетов — описание и антимикробная активность. Микробиология, 2007, 76 (4): 480–487.

8. Климова Е. В. Актиномицеты — основа новых биопрепаратов для защиты растений от вредных членистоногих (перспективы использования актиномицетов р. *Streptomyces* для борьбы с сосущими вредителями). Экологическая безопасность в АПК. 2004, 3: 659.
9. Новикова И. И., Шенин Ю. Д., Цыпленков А. Е., Фоминых Т. С., Суика П. В., Бойкова И. В. Биологические особенности пептидов и гептаеновых ароматических макролидов, выделенных из *Streptomyces chrysomallus* R-21 и *S. globisporus* Л-242 — штаммов-продуцентов полифункциональных биопрепаратов хризомал и глоберин для защиты растений от болезней разной этиологии. Вестник защиты растений, 2009, 2: 3–19.
10. Новикова И. И., Титова Ю. А., Бойкова И. В., Зейрук В. Н., Краснобаева И. Л. Биологическая эффективность новых биопрепаратов на основе микробов-антагонистов в контроле возбудителей болезней картофеля при вегетации и хранении клубней. Биотехнология, 2017, 33(6): 68–76.
11. Пойрас Л. Н., Бурцева С. А., Пойрас Н. А., Бырса М., Бивол А., Юрку-Страистару Е. М., Сасанелли Н. Фитосанитарный контроль огурцов тепличных хозяйств р. Молдова и тестирование стрептомицетов на антибактериальные и нематодцидальные способности. В сборнике: Перспективы развития химических и биологических технологий в 21-м веке Материалы всероссийской научной конференции с международным участием. Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 2015: 276–277.
12. Шевченко Л. С. Антимикробная активность актиномицетов амурского залива. Успехи современной науки и образования, 2016, 7 (12): 218–221.
13. Шляхов В. А., Коринец В. В., Талышкина А. Е., Григорян Л. Н. Вирусные болезни картофеля в Астраханской области. Картофель и овощи, 2014, 10: 27–29.
14. Abdel Kareim A. H. E. Using actinomycetes on Controlling Bacterial Contamination of Date Palm During Different Stages In Vitro. Journal of horticultural Science & ornamental Plants, 2009, 1 (3): 92–99 (doi: 10.1002/jobm.201400358).
15. Badzhinerov N., Tishkov S., Stoyanova M., Bogatzevska N., Moncheva P. Activity of antarctic streptomycetes strains against phytopathogenic bacteria. Ecologica, 2009, 2: 307–311 (doi: 10.1080/13102818.2014.947066).
16. Baltz R. H. Genetic manipulation of secondary metabolite biosynthesis for improved production in *Streptomyces* and other actinomycetes. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2016, 2 (43): 343–370 (doi: 10.1007/s10295–015–1682-x).
17. Boikova I., Novikova I., Shenin Yu. New peptides from Actinomycetes for plant protection. Journal of Peptide Science, 2000, 6: 77.
18. Chen H., Ke T., Hou T., Yang C., Zhou M., Li Z., Zhang M., Gong G. Antimicrobial activity of secondary metabolites from *Streptomyces* sp. K15, an endophyte in *houittuynia cordata* thunb. Natural Product Research, 2015, 29 (23): 2223–2225 (doi.org/10.1080/14786419.2014.1003134).
19. Gos F. M., Rohr J., Glienke C., Savi D. C., Aluizio R., Shaaban K. A., Thorson J. S., Possiede Y. M. Antibacterial activity of endophytic actinomycetes isolated from the medicinal plant *Vochysia divergens* (pantanal, brazil). Frontiers in Microbiology, 2017, 8: 1642 (doi: 10.3389/fmicb.2017.01642).
20. Hamedi J., Mohammadipana H. Biotechnological application and taxonomical distribution of plant growth promoting actinobacteria. Journal of industrial microbiology & biotechnology, 2015, 42, 2: 157–171 (doi: 10.1007/s10295–014–1537-x).
21. Jayamurthy H., Sajna K. V., Dastagar S. G., Pandey A. Antifungal potentials of extracellular metabolites of Western Ghats isolated *Streptomyces* sp. NII 1006 against moulds and yeasts. Indian. Journal of experimental Biology, 2014, 52: 1138–1146.
22. Lee M. Y., Kim H. Y., Lee S., Lee C. H., Kim J.-G., Suh J.-W. Metabolomics-based chemotaxonomic classification of *Streptomyces* spp. and its correlation with antibacterial activity. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2015, 8 (25): 1265–1274 (doi: 10.4014/jmb.1503.03005).
23. Lu F., Hou Y., Zhang H., Tian Y., Chu Y., Xia H. Regulatory genes and their roles for improvement of antibiotic biosynthesis in streptomycetes. Biotech, 2017, 4 (7): 250 (doi: 10.1007/s13205–017–0875–6).
24. Prapagdee B., Kuekulvong Ch., Mongkolsuk S. Antifungal Potential of extracellular metabolites Produced by *Streptomyces hygrosopicus* against Phytopathogenic Fungi 2Int. J. Biol. Sci, 2008, 4: 330–337 (doi:10.7150/ijbs.4.330).
25. Ruiz B., Chávez A., Forero A., García-Huante Y., Romero A., Snchez M., Rocha D., Snchez B., Rodríguez-Sanoja R., Sánchez S., Langley E. Production of microbial secondary metabolites: regulation by the carbon source. Critical Reviews in Microbiology, 2010, 2 (36): 146–167 (doi: 10.3109/10408410903489576).
26. Sharikrishnan h., Shanmugaiah V. *Streptomyces* sp. VSmGt1014-mediated antifungal activity against Fungal Plant Pathogens. Prospects in Bioscience: addressing the Issues, 2013: 335–341 (doi 10.1007/978–81–322–0810–5_39).
27. Shirobokov V. P., Poniatovskiy V. A. Antifungal activity of streptomycetes isolated bentonite clay. Запорожский медицинский журнал, 2016, 6 (99): 82–87 (doi: 10.14739/2310–1210.2016.6.85531).
28. Singh L. S., Sharma H., Talukdar N. C. Production of potent antimicrobial agent by actinomycete, *Streptomyces sannanensis* strain Su118 isolated from phoomdi in loktak lake of Manipur. India. ВmС microbiol, 2014, 14: 278 (doi: 10.1186/s12866–014–0278–3).