

28,1 тыс. руб./га обеспечили гибриды томата Тойво F<sub>1</sub>, Барибине F<sub>1</sub>, а гибриды огурца Альшаны F<sub>1</sub>, Кибрия F<sub>1</sub> – 31,0 и 28,5 тыс. руб./га соответственно.

4. Установлено, что наиболее экономически оправданным при выращивании томата и огурца в теплицах при контейнерной технологии является использование составов, включающих верховой торф 90 % + 10 % биогумуса и верховой торф 80 % + 20% костры льна. Так, применение таких составов с вышеуказанными компонентами позволило получить условно чистый доход при выращивании томата и огурца до 27,6–39,6 тыс. руб./га и 53,7–57,3 тыс. руб./га соответственно.

### Литература

1. Андреев, Ю. М. Овощеводство / Ю. М. Андреев. – 2-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 256 с.
2. Аутко, А. А. Состояние и перспективы развития тепличного овощеводства в Республике Беларусь / А. А. Аутко // Теплицы России. – 2007. – № 4. – С. 22–23.
3. Белик В. Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. – М: Агропромиздат, 1992. – 319 с.
4. Гануш, Г. И. Организационно-экономические факторы повышения эффективности овощеводства / Г. И. Гануш. – Минск: БелНИИЭИ АПК, 1997. – 144 с.
5. Прогрессивный опыт возделывания овощей в Израиле / Л. С. Герасимович [и др.] // НТИ и рынок. – 1998. – № 3. – С. 9–13.
6. Гусаков, В. Г. Стратегия обеспечения продовольственной независимости Беларуси / В. Г. Гусаков // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2006. – № 2. – С. 5–12.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посевного материала: сборник отраслевых регламентов / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 520 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Козловская, И. П. Пути повышения экономической эффективности и экологической безопасности тепличного овощеводства / И. П. Козловская. – Минск: БГАТУ, 2009. – 224 с.
10. Методические указания по технологической оценке сортов овощных культур. – М.: Колос, 1970. – Вып. 1–2. – 48 с.
11. Методические указания по организации агрохимических обследований и проведению анализов в овощеводстве защищенного грунта / под ред. Т. А. Ищенко, техн. редактор Л. П. Коновалова. – М.: Колос, 1973. – 40 с.
12. Саркисян, Г. Ю. Научные основы повышения продуктивности овощных культур в условиях закрытого грунта в зависимости от водного и питательного режима: автореф. дис ... д-ра с.х. наук / Г. Ю. Саркисян. – Ереван, 1998. – 56 с.
13. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства / НАН Беларуси, Ин-т экономики, Центр аграр. экономики; под ред. В. Г. Гусакова; авт.: А. А. Аутко, Ю. М. Забара, Н. П. Купреенко, М. Ф. Степура. – Минск: Белорус. наука, 2006. – С. 53–57, 70–75.
14. Яновчик О. Е. Качество овощей для промышленной переработки / О. Е. Яновчик, Л. И. Варзугина // Наука – производству (к 70-летию института): сб. науч. тр. – Тирасполь: ПНИИСХ, 2000. – С. 268–277.

УДК 632.953.1

## Антимикробный потенциал фунгицидов для контроля бактериального рака плодовых культур (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*)

**В. Ю. Лагоненко**, научный сотрудник, **М. С. Кастрицкая**, кандидат с.-х. наук, РУП «Институт плодоводства»

(Дата поступления статьи в редакцию 12.09.2023)

Проведен анализ антимикробного потенциала фунгицидных средств защиты растений в отношении фитопатогенных бактерий *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. В условиях *in vitro* выявлена активность препаратов контактного действия на основе гидроксида меди, манкоцеба, додина и препарата системного действия на основе касугамицина. Установлена различная чувствительность штаммов *Pss* к соединениям меди, делану и каптану.

### Введение

Бактериальный рак является серьезной проблемой для плодоводства по всему миру. Возбудитель заболевания, фитопатогенные бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*), поражают более 180 видов древесных и травянистых растений [1]. В Республике Беларусь наибольший вред бактериальный рак наносит таким плодовым культурам, как груша и черешня, поражая также растения яблони, вишни и сливы и пр. [2]. При благоприятных для развития патогена услови-

*The antimicrobial potential of fungicides against phytopathogenic bacteria Pseudomonas syringae* pv. *syringae* was analyzed. The activity of contact action preparations based on copper hydroxide, mancozeb and dodine and kasugamycin systemic action preparation was identified under *in vitro* conditions. Different sensitivity of *Pss* strains to copper compounds, delan and captan was established.

ях, вспышки заболевания могут приводить к массовому (до 80 %) поражению и гибели плодовых деревьев и, как следствие, значительному снижению урожая, особенно в молодых садах [3].

Сложность контроля бактериального рака определяется рядом причин, требующих разных подходов. Для предупреждения развития *эпифитной* инфекции, которая достигает максимального развития во время влажной и прохладной погоды, предполагается использование контактных препаратов, среди которых лидирующее положение занимают медьсодержащие сред-

ства. Однако в самый благоприятный для развития патогена период, например, во время цветения, медь может быть очень токсична для молодых растительных тканей; при этом использование уменьшенных концентраций препаратов не приведет к элиминации патогена, а вызовет появление более устойчивых к препарату популяций [1, 4, 5]. Системное же (эндофитное) течение бактериального рака, по мнению ряда исследователей, лечению не поддается, и препятствовать развитию и распространению инфекции можно с помощью обрезки или раскорчевки пораженных растений [3, 6]. Применение в качестве системных препаратов различных антибиотиков (стрептомицина, окситетрациклина и пр.), хоть и показывает некоторую эффективность, но сопряжено с появлением резистентности у патогена и запрещено в большинстве стран.

Отдельно следует отметить, что бактериальный рак может активно развиваться на растениях, ослабленных грибными инфекциями. Микозы возникают также и как оппортунистические заболевания на фоне бактериального рака. В связи с этим обнаружение средства контроля бактериального рака среди средств защиты растений (СЗР) с доказанными фунгицидными свойствами, способных эффективно подавлять развитие заболевания без превышения концентраций, могло бы способствовать лечению сочетанных инфекций и снизить пестицидную нагрузку.

В качестве альтернативы меди и антибиотикам проводятся исследования эффективности химических препаратов с доказанной фунгицидной активностью, таких как соединения на основе дитиокарбоматов, фталимидов, производных фосфоновой кислоты и пр. [7–9]. Тем не менее, прямое либо косвенное ингибирование роста нецелевых объектов фунгицидными СЗР зачастую наблюдается при значительном превышении концентрации действующего вещества в среде [10, 11], а препараты, которые обладали бы искореняющей активностью в отношении возбудителя бактериального рака и при этом не были бы фитотоксичными в эффективной концентрации, до сих пор не обнаружены.

Увеличивающаяся в последние десятилетия вредоносность бактериального рака, связанная с увеличением площадей, занятых садами интенсивного типа [12], ограниченной информацией об устойчивости к заболеванию форм и сортов растений-хозяев, циркуляции резистентных к пестицидам бактериальных штаммов и способности их к эндофитному существованию, требует поиска и разработки эффективных средств для защиты и лечения восприимчивых культур.

Для первичной оценки эффективности препаратов в настоящей работе проанализирован антибактериальный потенциал ряда фунгицидов *in vitro* в отношении штаммов *Pss*, выделенных на территории Республики Беларусь из пораженных бактериальным раком плодовых культур.

## Материалы и методы

Исследования проведены на биологическом факультете БГУ и в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2020–2023 гг. Для анализа эффективности препаратов против возбудителя бактериального рака плодовых были использованы штаммы

*Pss*, выделенные и идентифицированные нами ранее (таблица 1).

Таблица 1 – Перечень штаммов *Pss*, использованных в работе

Штамм	Выделен			
	Год	Район, город	Культура	Сорт
11.9	2014	Минский р-н	вишня	н/д
11.11	2014	Минский р-н	груша	н/д
11.12	2014	Минский р-н	груша	н/д
12.6	2014	г. Минск	вишня	н/д
14.5(1)	2015	Браславский р-н	слива	н/д
14.5(2)	2015	Браславский р-н	слива	н/д
19.2	2015	Мядельский р-н	яблоня	Белорусское сладкое
19.10	2015	Мядельский р-н	вишня	Лотовая
20.1	2015	г. Могилев	абрикос	Знаходка

Примечание – н/д – нет данных.

Культуры клеток патогена хранили при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 15 % растворе глицерина. При проведении исследований клетки поддерживали субкультивированием на твердой питательной среде LB-Lennox при  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Жидкую бактериальную культуру наращивали в колбах объемом 20 мл с 5 мл жидкой среды LB-Lennox при  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 24 ч и доводили до  $10^8$  КОЕ/мл (0,5 при 660 нм).

Чувствительность штаммов *Pss* к средствам защиты растений (СЗР), минимальную ингибирующую и минимальную бактерицидную концентрацию (МИК и МБК) определяли согласно «МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания». Для анализа динамики роста бактериальные штаммы параллельно высевали на среду без добавления препарата.

Торговые наименования фунгицидных препаратов, действующие вещества и концентрации соответствуют перечню Государственного реестра средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, дополнений к нему и (или) инструкциям производителя, и приведены в таблице 2.

## Результаты и обсуждение

В ходе настоящего исследования нами был оценен антимикробный потенциал 32 наименований препаратов с доказанной фунгицидной активностью из различных классов химических соединений (таблица 2), как с узконаправленным, так и неспецифическим механизмом действия.

Уже через 24 часа инкубации клеток патогена визуальное сравнение интенсивности роста контрольных образцов и бактериальных штаммов на среде, содержащей СЗР, позволило сделать вывод о том, что 60 % проанализированных фунгицидов не оказывает бактерицидного или бактериостатического действия на штаммы *Pss* (таблица 2). В эту группу входят препараты контактного и системного действия на основе триазолов, карбоксамидов, фенилпирролов, пиринидилэтилбензамидов, стробилуринов, бензимидазолов, анилино-пиримидинов и комплекса стрептотрициновых антибиотиков.

**Таблица 2 – Анализ влияния СЗР в максимально допустимой к применению концентрации на рост бактерий *Pss*.**

Препарат	Рост штаммов <i>Pss</i>								
	11.9	11.11	11.12	12.6	14.5(1)	14.5(2)	19.2	19.10	20.1
<b>Соединения меди</b>									
Абига-Пик, ВС	±	±	±	±	±	±	±	+	+
Азофос 50 %, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Азофос 65 %, пс	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Купроксат, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Индиго, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Косайд 2000, ВДГ	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Дитиокарбаматы</b>									
Антракол, ВДГ	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Грануфло, ВДГ	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Дитан Нео Тек 75, ВДГ	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Полирам ДФ, ВДГ	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Метамил МЦ, СП	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Хиноны</b>									
Делан, ВГ	±	±	±	±	±	±	±	+	±
Гренни, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Фенилпирролы</b>									
Геокс, ВДГ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Фталимиды</b>									
Каптан, ВДГ	–	–	–	–	–	–	–	+	–
<b>Пиридинил-этилбензамиды</b>									
Луна привиледж, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Карбоксамиды</b>									
Миравис, СК	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Триазолы</b>									
Серкадис, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Серкадис плюс, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Скор, КЭ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Топаз, КЭ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Триазолы и карбоксамиды</b>									
Эмбrella экстра, СК	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Триазолы и фенилацетамиды</b>									
Цидели Топ, ДК	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Соединения серы</b>									
ПСК 25 %, ВР	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Топазео, ВДГ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Гуанидины</b>									
Силлит, КС	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Стробилурины</b>									
Строби, ВГ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Бензимидазолы</b>									
Топсин М, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Анилино-пиримидины</b>									
Хорус, ВДГ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Бактериальные фунгициды, биологические пестициды</b>									
Стрекар, КС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фитолавин, ВРК	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Касумин, ВР	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание – (+) – препарат не подавляет рост бактерий; (–) – препарат полностью подавляет рост бактерий; (±) – препарат угнетает рост бактерий, но не подавляет его полностью.

Из шести **препаратов меди** четыре (*Азофос*, 50 %, *Азофос*, 65 %, *Купроксат* и *Индиго*, КС) не оказали ингибирующего эффекта на рост бактериальных клеток. Через 24 ч инкубации на среде с препаратом

*Абига-Пик*, ВС) рост 7 из 9 штаммов сохранялся в зоне первых штрихов посева на питательную среду, где плотность бактериальных клеток изначально выше, однако через 72 ч рост наблюдался уже по всей тра-

ектории посева. При этом препарат *Косайд 2000*, ВДГ полностью подавлял рост всех исследуемых штаммов на протяжении 168 ч.

Все исследованные препараты на основе **дитиокарбоматов** в разной степени ингибировали рост бактерий *Pss*. На среде, содержащей пропиноб (*Антракол*, ВДГ), тирам (*Грануфло*, ВДГ) и метирам (*Полирам ДФ*, в.д.г.), через 24 ч после посева рост бактерий наблюдался только в зоне первых штрихов, тогда как препараты, содержащие манкоцеб (*Дитан Нео Тек 75* и *Метамил МЦ*) полностью подавляли рост всех штаммов возбудителя бактериального рака. Через 72 ч инкубации показал возобновление роста патогена на среде с препаратами *Антракол*, *Грануфло* и *Полирам ДФ*. При этом препараты, содержащие манкоцеб, ингибировали рост патогенной микрофлоры на протяжении 144 ч. Отдельно следует отметить, что вторым действующим веществом препарата *Метамил МЦ* является фениламид металаксил, обладающий системным действием, однако эффективность данного соединения в отношении бактерий *Pss* требует дальнейшего изучения.

Из проанализированных **серосодержащих** препаратов, только *ПСК*, 25% на основе полисульфидов натрия замедлял рост патогена в первые 24 ч наблюдения, тогда как на среде с добавлением *Топазиса*, ВДГ (сера) ингибирующего действия на штаммы *Pss* не наблюдалось.

Анализ роста бактериальных штаммов на среде с препаратом *Каптан*, ВДГ показал, что он эффективно подавляет развитие 8 из 9 штаммов (кроме штамма *Pss19.10*) в течение первых суток после посева. Наблюдение спустя 48–72 ч инкубации показало возобновление активного роста бактериальных колоний, за исключением штаммов *Pss19.2* и *Pss20.1*.

Высокую эффективность в отношении возбудителя бактериального рака *in vitro* проявили препараты на основе **додина** – *Силлит*, *КС* и **аминогликозидного антибиотика касугамицина** – *Касумин*, *ВР*. Они полностью ингибировали рост 100 % штаммов *Pss* на протяжении 168 ч.

Определение МИК и МБК СЗР, показавших свою эффективность при добавлении в среду в максимально допустимых концентрациях, проводили с использованием штамма *Pss19.10*, который показал большую устойчивость к меди и препаратам *Абига-Пик*, *Каптан* и *Делан*, а также штамма *Pss11.9*.

**Таблица 3 – МИК и МБК фунгицидных препаратов для штаммов *Pss11.9* и *Pss19.10***

Препарат	Максимально допустимая концентрация, мкл(мг)/мл	Штамм			
		<i>Pss11.9</i>		<i>Pss19.10</i>	
		МИК	МБК	МИК	МБК
Силлит, мкл/мл	2,000	0,025	0,100	0,025	0,050
Дитан Нео Тек 75, мг/мл	3,000	0,150	0,600	0,150	0,600
Метамил МЦ, мг/мл	5,000	0,156	0,313	0,156	0,625
Косайд 2000, мг/мл	3,000	0,375	1,500	0,375	0,750
Касумин, мкл/мл	4,000	2,000	2,000	2,000	2,000

Как видно из данных, представленных в таблице 3, значения МБК исследуемых препаратов выше МИК,

но, так или иначе, оба эти показателя значительно отличаются от максимальных концентраций, допустимых к применению на плодовых растениях. Интересно отметить, что для штамма *Pss19.10* значение МБК *Силлита* и *Косайда2000* оказалось вдвое меньше, чем для штамма *Pss11.9*.

### Заключение

В отношении фитопатогенных бактерий *Pss* в условиях *in vitro* установлена антибактериальная активность фунгицидов *Косайд 2000*, *Дитан Нео Тек 75*, *Метамил МЦ*, *Силлит* и *Касумин* как в максимально допустимых для обработки плодовых культур концентрациях, так и в сниженных.

Учитывая, что в список данных наименований входят препараты с контактным и с системным действием, можно допустить целесообразность их применения для профилактики эпифитной стадии развития патогена и для лечения эндофитной инфекции.

### Литература

- Kennelly, M. M. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control / M. M. Kennelly // Plant Disease. – 2007. – Vol. 91, № 1. – P. 4–17.
- Григорцевич, Л. Н. Распространение и вредоносность бактериального рака плодовых культур в условиях Белоруссии / Л. Н. Григорцевич // Плодоводство. – 1974. – Вып. 2. – С. 121–124.
- Balaž, J. Etiology of bacterial canker on young sweet cherry trees in Serbia / J. Balaž // Journal of Plant Pathology. – 2016. – Vol. 98, № 2. – P. 285–294.
- Huang, T. C. Characterization of plasmids that encode streptomycin resistance in bacterial epiphytes of apple / T. C. Huang // Journal of Applied Microbiology. – 1999. – Vol. 86. – P. 741–751.
- Spotts, R. A. Copper, Oxy tetracycline, and Streptomycin Resistance of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Strains from Pear Orchards in Oregon and Washington / R. A. Spotts // Plant Disease. – 1995. – Vol. 79, № 11. – P. 1132–1135.
- Konavko Dmitrijs. *Pseudomonas syringae* as important pathogen of fruit trees with emphasis on plum and cherry / Dmitrijs Konavko // Research for rural development : Annual 20th International Scientific Conference Proceedings / Latvia University of Agriculture, (May 23–25, 2014). – Jelgava, 2014. – Vol. 1. – P. 19–25.
- Moragrega, C. Evaluation of drench treatments with phosphonate derivatives against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on pear under controlled environment conditions / C. Moragrega // European Journal of Plant Pathology. – 1998. – Vol. 104. – P. 171–180.
- Cazorla Francisco, M. Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / M. Cazorla Francisco // European Journal of Plant Pathology. – 2006. – Vol. 116. – P. 279–288.
- Agrios George, N. Plant Pathology / N. Agrios George. – 5th ed. – Oxford: Elsevier Academic Press, 2005. – 919 p.
- Lloyd Austin, W. Changes to Soil Microbiome Resulting from Synergetic Effects of Fungistatic Compounds Pyrimethanil and Fluopyram in Lowbush Blueberry Agriculture, with Nine Fungicide Products Tested / W. Lloyd Austin // Microorganisms. – 2023. – Vol. 11, iss. 2. – 10.3390/microorganisms11020410.
- Patyka Volodymyr. Specifics of pesticides effects on the phytopathogenic bacteria / Volodymyr Patyka // Ecol. Chem. Eng. S. – 2016. – Vol. 23, № 2. – P. 311–331.
- Григорцевич, Л. Н. Защита плодовых деревьев от болезней в садах интенсивного типа: метод. указания / Л. Н. Григорцевич. – Минск: Издания БГТУ, 2010. – 49 с.