

ЧУТЛИВІСТЬ ЗБУДНИКА БАКТЕРІОЗУ СОРГОВИХ ДО АНТИБІОТИКІВ

М.В. РЕШЕТНИКОВ,

аспірант відділу фітопатогенних бактерій
<https://orcid.org/0000-0002-6297-6629>, E-mail: leose@ukr.net

С.М. МОРОЗ,

старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій,
<https://orcid.org/0000-0002-9655-9081>

Л.А. ПАСІЧНИК,

старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій,
<https://orcid.org/0000-0002-5662-3106>

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
Київ, Україна

Л.М. БУЦЕНКО,

професор кафедри біотехнологій і мікробіології
<http://orcid.org/0000-0002-3575-4289>

Анотація. Значне поширення резистентності до антибіотиків, яке є глобальною проблемою людства, у значному ступені пов'язано із надмірним використанням антибіотиків у сільськогосподарській практиці. Зростання кількості антибіотиків у рослинництві, яке пов'язане як з безпосереднім застосуванням для контролю фітопатогенів, так і з надходженням разом із відходами тваринництва, що уживаються як добрива, призводить до зростання резистентності до антимікробних препаратів серед асоційованих з рослинами мікроорганізмів. Водночас, в Україні практично відсутні дані щодо виявлення антибіотикорезистентних штамів у рослинництві та його продукції й контроль за циркуляцією бактерій з набутою резистентністю в цій сфері.

Метою дослідження є визначення чутливості штамів збудників бактеріальних хвороб соргових *P. syringae* щодо антимікробних препаратів різного механізму дії.

Визначення антибіотикочутливості здійснювали диско-дифузійним методом серед штамів *Pseudomonas syringae*, виділених із соризу, та штамів фітопатогенних бактерій з колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ.

Встановлено, що досліджені штами розподілилися у 5 груп за резистентністю до антимікробних речовин. Найпоширенішою є резистентність

до цефалоспоринових антибіотиків. Свіжоізолювані штами, ізолювані з соризу, показали спектр антибіотикочутливості, подібний до колекційних штамів *P. syringae*. Найбільшу чутливість досліджувані штами *P. syringae* виявили до стрептоміцину, тетрацикліну і хлорамфеніколу. Одним із потенційних джерел пошуку активних антагоністів щодо цих патогенів є ґрунтові стрептоміцети.

Ключові слова: бактеріальні хвороби, сорго, фітопатогенні бактерії, резистентність до антибіотиків

Вступ.

Набута резистентність до антибіотиків є глобальною проблемою людства, яка стосується не лише медицини, а й сільського господарства (Mann A. et al., 2021). Саме у галузях сільського господарства створюються передумови для надмірного використання антибіотиків, що, як відомо, є основним фактором поширення резистентності до антибіотиків серед мікроорганізмів (Iwu, 2020). При цьому Всесвітня організація з охорони здоров'я підтверджує можливість передачі та поширення резистентних до антибіотиків мікроорганізмів від рослинної сировини та продукції до людей, які є споживачами такої продукції (WHO, 2017). Разом із тим, масштаби, шляхи передачі та пов'язані з ними наслідками для здоров'я людей та економіки потребують ретельного дослідження (Iwu C.D. et al., 2020). Поширення на рослинах антибіотикорезистентних мікроорганізмів може бути наслідком не лише прямого їх застосування в рослинництві, а й використання для удобрення рослин перегною, що містить залишки антибіотиків та антибіотикорезистентні штами від тварин (Wang F.-H/ et al., 2015). Підвищення резистентності фітопатогенних бактерій до антибіотиків може відбуватися і за дії

пестицидів (Булеца Н.М. і ін., 2015, Булеца Н.М. і ін., 2015). Водночас, в Україні практично відсутні дані щодо виявлення антибіотикорезистентних штамів у рослинництві та його продукції й контроль за циркуляцією бактерій з набутою резистентністю в цій сфері.

В науковій літературі обмежені дані щодо поширення набутої резистентності до антибіотиків і серед фітопатогенних бактерій. Хоча передбачається, що резистентність патогенів рослин до антибіотиків найчастіше розвивається через надбання детермінант резистентності шляхом горизонтального перенесення генів. Наприклад, гени резистентності до стрептоміцину *strAB* зустрічаються в *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas syringae* та *Xanthomonas campestris*, і ці гени, ймовірно, були отримані від непатогенних епіфітних бактерій рослин-хазяїв (Sundin, G. W., Wang, N., 2018). Знання щодо поширення набутої стійкості серед асоційованих з рослинами бактерій мають важливе значення для розробки надійних стратегій управління резистентністю для забезпечення безпечного та ефективного подальшого використання антибіотиків у лікуванні критично важливих захворювань.

Метою дослідження є визначення чутливості штамів збудників бакте-

ріальних хвороб соргових *P. syringae* щодо антимікробних препаратів різного механізму дії.

Матеріали та методи дослідження

Визначення антибіотикочутливості штамів збудників хвороб соргових здійснювали диско-дифузійним методом, який ґрунтується на здатності антибіотичних препаратів (АБП) дифундувати з просочених ними паперових дисків у поживне середовище і пригнічувати ріст мікроорганізмів, посіяних на поверхні агару (Методичні рекомендації, 2021).

У якості поживного середовища використовували агар Мюллер-Хінтона, який готували відповідно до інструкції виробника і розливали у чашки Петрі шаром $4,0 \pm 0,5$ мм заготовшки та залишали для застигання за кімнатної температури на горизонтальній поверхні, що важливо, оскільки розмір і форма зони пригнічення росту залежить від глибини і рівномірності агарового шару. Попередньо здійснювали перевірку середовища на придатність для росту досліджуваних штамів фітопатогенних бактерій. Перед інокуляцією бактеріальною суспензією чашки підсушували у термостаті при 35°C зі злегка відкритою кришкою впродовж 10-20 хв, щоб уникнути утворення конденсату на внутрішній поверхні кришки.

Мікробну суспензію (інокулюм) готували з добової культури бактерій, відбираючи її петлею у пробірку зі стерильним фізіологічним розчином, доводячи густину до концентрації $0,5 \times 10^9$ КОУ/см³, ретельно перемішуючи до однорідної щільності. Щільність бактеріальної суспензії вимірювали шляхом візуального по-

рівняння зі стандартом каламутності. Одразу після приготування інокулюму, його наносили піпеткою на поверхню чашки Петрі з поживним середовищем в об'ємі 0.1-0.2 см³ і рівномірно розподіляли по поверхні стерильним шпателем.

Досліджували штами *Pseudomonas syringae* van Hall 1902, виділені із соризу. В якості колекційних використали штами фітопатогенних бактерій з колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ. Колекційні штами були ізольовані з кукурудзи і сорго й ідентифіковані як *P. syringae* (*Pseudomonas holci*) 8299, 8300 і 8301 та типовий штам УКМ В-1027Т (NCPPB 281) *P. syringae* (van Hall 1902) Janse 1982.

Для визначення чутливості використовували стандартизовані диски діаметром 6 мм з дев'ятьма антибіотиками виробництва Pronadisa Laboratorios (CONDA, Іспанія). В якості негативного контролю використовували диски без антибіотика. Досліджували антибіотики цефазолін, цефотаксим, цефтазидим, хлорамфенікол, еритроміцин, пеніцилін, стрептоміцин, тетрациклін, тобраміцин, що належали до різних фармакотерапевтичних груп і мали різні механізми антимікробної дії. Аплікацію дисків здійснювали за допомогою стерильного пінцета, дотримуючись відстані від диска до краю чашки і між дисками 15-20 мм. Для рівномірного контакту диску з поверхнею агару, його злегка притискали пінцетом. Одразу після аплікації дисків чашки Петрі поміщали в термостат догори дном і інкубували за температури 28°C впродовж 24 год.

Після інкубації вимірювали діаметр зон затримки росту, фіксуючи

зону повного пригнічення видимого росту. Зона затримки росту є відсутньою, якщо спостерігається ріст мікроорганізмів біля диску і відсутні ознаки інгібування, що вказує на резистентність мікроорганізму до даного антибіотика. Чим більша зона відсутності росту, тим більша чутливість мікроорганізму до даного антибіотика. Зона інгібування до 20 мм вказує на помірну резистентність або чутливість, від 20 до 30 мм – середню чутливість, від 30 мм і більше – високу чутливість.

Результати дослідження та їх обговорення.

Соргові культури, такі як зернове сорго і новостворений гібрид – сориз, характеризуються найбільшою посухостійкістю серед усіх культурних

рослин. Враховуючи зміни кліматичних умов, соргові є дуже перспективними для вирощування в Україні. Однак інтродукція нових видів і сортів веде за собою зміну спектру збудників хвороб. За обстеження посівів нової соргової культури – соризу у Черкаській області нами були виявлені рослини, що мали типові для бактеріальної плямистості сорго ураження – плями на листі солом'яно-жовтого кольору, які мають характерну червону облямівку. Сім ізолятів, виділені з уражених рослин соризу, були ідентифіковані як *P. syringae* (табл. 1). Відомо, що цей вид є поліфагом і спричинює хвороби багатьох видів рослин. Три ізоляти ідентифіковані як *Pseudomonas sp.*

Для вивчення антибіотикорезистентності ізольованих штамів, а також колекційних штамів і типового

1. Характеристика досліджених штамів *Pseudomonas syringae*

Вид	Штам	Джерело виділення	Рік виділення/отримання	Місце виділення/отримання	
<i>P. syringae</i>	211141	Сориз <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	2021	Черкаська обл., Україна	
	211141a				
	21034				
	210341				
	210342				
	210541a				
	210541в				
<i>Pseudomonas sp.</i>	21052				
	210521				
	21054				
<i>P. syringae</i> (<i>P. holci</i>)	8299*	Кукурудза <i>Zea mays</i> L.	1961	Київська обл., Україна	
	8300*				Copro <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench
	8301*				
<i>P. syringae</i>	УКМ В-1027Т (NCPPB 281) *	Бузок <i>Syringa vulgaris</i> L.	1972	Великобританія	

Примітка. * - штами із колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ

2. Характеристика досліджених антибіотиків

Антибіотик	Концентрація, мкг/диск	Фармако-терапевтична група	Механізм антимікробної дії
Цефазолін	30	Бета-лактамі антибіотики. Цефалоспорины I покоління	пригнічення ферменту транспептидази, блокада біосинтезу мукопептиду у клітинній стінці бактерії.
Цефотаксим	30	Бета-лактамі антибіотики. Цефалоспорины III покоління	пригнічення ферментів, які відповідають за синтез клітинної стінки бактерій, що призводить до лізису бактеріальної клітини.
Цефтазидим	30		порушення синтезу стінок бактеріальної клітини, дія на білки-мішені клітинної стінки.
Хлорамфе-нікол	30	Амфеніколи	інгібування пептидилтрансферази, порушення синтезу білків у бактеріальних клітинах.
Еритроміцин	15	Макроліди	проникнення крізь клітинну мембрану бактерій, оборотне зв'язування з субодиницею 50S бактеріальних рибосом, гальмування транслокації пептидів з акцепторної ділянки рибосоми до донорської, перешкоджання подальшому синтезу білка.
Пеніцилін	10	Бета-лактамі антибіотики.	пригнічення біосинтезу клітинної стінки за рахунок блокади пеніцилінзв'язуючих білків.
Стрептоміцин	300	Аміноглікозиди	зв'язування з 30S-субодиницею бактеріальної рибосоми, що в подальшому призводить до пригнічення синтезу білка.
Тетрациклін	30	Тетрацикліни	пригнічення синтезу білка шляхом блокування зв'язування аміноацил-транспортної РНК (тРНК) з комплексом «інформаційна РНК (іРНК)-рибосома»
Тобраміцин	10	Аміноглікозиди	пригнічення комплексу поліпептидів та синтезу у рибосомах

штаму *P. syringae* УКМ В-1027Т, було використано препарати, які належали до різних фармакотерапевтичних груп і мали різні механізми антимікробної дії, також різнилися концентрацією (табл. 2) (<https://likicontrol.com.ua/>).

Результати аналізу *in vitro* показали, що досліджувані штами *P. syringae* мали різні стійкості до різ-

них антибіотиків (табл. 3).

Всі свіжоізолювані штами патогенів соризу *P. syringae* виявилися стійкими до дії цефазоліну, так само як і колекційні штами 8300, 8299, 8301 та УКМ В-1027Т. Цефазолін є напівсинтетичним антибіотиком групи цефалоспоринів I покоління. Механізм його антимікробної дії пов'язаний з

3. Чутливість штамів збудників хвороб соризу *P. syringae* до антимікробних препаратів

Штам	Антимікробний препарат, мкг/диск								
	цефазолін	цефотаксим	цефтазидим	хлорамфені-кол	еритроміцин	пеніцилін	стрептоміцин	тетрациклін	тобраміцин
	30	30	30	30	15	10	300	30	10
	Діаметр зони інгібування росту, мм								
211141	–	–	–	30±0,5	15±0,3	–	40±0,3	30±0	25±0,4
211141a	–	–	–	35±0,2	15±0,4	15±0,2	45±0,2	30±0,2	25±0,3
21034	–	15±0,2	–	35±0,2	20±0,2	15±0,3	45±0,1	32±0,1	30±0,1
210341	–	25±0,1	–	35±0,3	18±0,3	30±0,2	40±0,1	30±0,2	15±0,4
210342	–	–	–	30±0,1	14±0,5	–	40±0,3	25±0,1	20±0,2
210541a	–	25±0,2	15±	45±0,1	30±0,3	–	45±0,2	40±0,1	40±0,2
210541b	–	15±0,3	–	30±0,3	20±0,2	30±0,1	40±0	35±0,2	15±0,3
8300	–	–	–	30±0,4	12±0,4	12±0,3	40±0,1	30±0,3	25±0,2
8299	–	–	–	30±0	18±0,3	10±0,4	35±0,3	30±0	20±0,2
8301	–	–	–	25±0,2	10±0,3	–	35±0,2	30±0,2	18±0,3
УКМ В-1027Т	–	–	–	35±0,3	18±0,2	–	30±0,3	30±0,2	18±0,4
21052	–	–	–	40±0,2	40±0,1	40±0,2	40±0,2	40±0,3	40±0,2
210521	–	–	–	40±0,2	40±0,2	40±0,3	40±0,1	40±0,1	40±0,2
21054	–	–	–	–	–	–	15±0,4	15±0,4	–

пригніченням ферменту транспептидази, блокадою біосинтезу мукопептиду у клітинній стінці бактерії. Препарат має широкий спектр бактерицидної дії і є високоактивним щодо більшості грамнегативних мікроорганізмів, однак клінічні *Pseudomonas* *sp.* резистентні до нього.

Серед досліджених нами штамів патогенів соризу *P. syringae* половина була середньо і слабчутливі до дії цефотаксиму, тоді як інша половина штамів, а також всі колекційні штами *P. syringae* виявилися резистентними до дії цього антибіотика. Цефотаксим – напівсинтетичний цефалоспорино-

вий антибіотик III покоління, також має широкий спектр бактерицидної дії, однак наприклад *Pseudomonas aeruginosa* непостійно чутлива до препарату.

Попри те, що інший бактерицидний цефалоспориновий антибіотик III покоління – цефтазидим і виявляє активну антимікробну дію щодо клінічних ізолятів *P. aeruginosa* та інших *Pseudomonas* *sp.*, однак більшість досліджених нами штамів *P. syringae* були резистентними до нього, і лише один штам (210541a) виявив слабку чутливість.

Загалом бета-лактамі цефа-

лоспоринові антибіотики виявилися в цілому найменш дієвими щодо свіжоізованих штамів патогенів соризу *P. syringae* та колекційних штамів патогенів соргових. Це корелює з дослідженням (Vasebia Y. et al., 2019), в якому штам *P. syringae*, ізований з плодів дерев, також виявилися резистентними до дії цефтриаксону (30 мкг/диск), цефалоспоринового антибіотику III покоління. Понад 80 % штамів *P. aeruginosa* виявляли резистентність до цефалоспоринів III-IV поколінь (Буркот В.М., 2021).

У нашому дослідженні хлорамфенікол виявив сильну антимікробну дію щодо всіх свіжовиділених штамів патогенів соризу *P. syringae*, а також щодо всіх колекційних штамів *P. syringae*. Протимікробний препарат для системного застосування хлорамфенікол має у звичайних дозах бактеріостатичну дію, інгібуючи пептидилтрансферазу та порушуючи синтез білків у бактеріальних клітинах. Це антибіотик широкого спектра дії, який ефективний щодо багатьох грамнегативних і грампозитивних бактерій. Однак зазначається, що препарат неактивний до клінічних штамів *P. aeruginosa*. Високу антибіотичну активність продемонстрував хлорамфенікол у концентрації 30 мкг/диск до *P. syringae* pv. *lachrymans* з діаметром зони інгібування $32,0 \pm 0,5$ мм (Hossain M.F. et al., 2017).

Щодо штамів патогенів соризу та колекційних штамів *P. syringae* найсильнішу дію серед досліджених антибіотиків спричиняв стрептоміцин, можливо через найвищу концентрацію діючої речовини – 300 мкг/диск. Антибіотик групи аміноглікозидів стрептоміцин проявляє бактерицидну дію внаслідок зв'язування з 30S-субодиницею бактері-

альної рибосоми, що в подальшому призводить до пригнічення синтезу білка. Стрептоміцин має широкий спектр антимікробної дії, однак щодо *P. aeruginosa* неактивний. Стрептоміцин широко використовується для боротьби з хворобами рослин з 1950-х років і вважається найефективнішою сучасною хімічною обробкою для захисту плодів дерев від збудника бактеріального опіку плодів *Erwinia amylovora* (Aćimović S.G. et al., 2015) та *P. syringae* pv. *actinidiae* (Serizawa S. et al., 1989, Han H.S. et al., 2003). Однак, тривале застосування стрептоміцину призвело до появи резистентності до нього серед патогенів рослин, в т.ч. *P. syringae* pv. *actinidiae* (Nakajima M. et al., 1995). Разом із тим, і за нижчої концентрації – 10 мкг/диск – стрептоміцин виявляв антимікробну дію щодо штамів *P. syringae*, виділених із плодів дерев (Vasebia Y. et al., 2019). Щодо *P. syringae* pv. *lachrymans* стрептоміцин у концентрації 10 мкг/диск показав середню антибіотичну активність з діаметром зони інгібування $20,0 \pm 0,5$ мм (Hossain M.F. et al., 2017). Встановлено (Moragrega C. et al., 1998), що мінімальною інгібуючою концентрацією для стрептоміцину до 7 штамів *P. syringae* pv. *syringae* є 1-2 г/мл.

Тобраміцин у дозі 10 мкг/диск проявляв антибіотичну дію до всіх штамів *P. syringae*, ізованих із соризу, крім штаму 21054, а також до всіх колекційних штамів *P. syringae*. Тобраміцин – природний швидкодіючий бактерицидний антибіотик групи аміноглікозидів III покоління. Вироблення препарату передбачає використання продуктів життєдіяльності *Streptomyces tenebrarius*. Його головна дія спрямована на бактеріальні клітини, пригнічуючи комплекс полі-

пептидів та синтез у рибосомах. До нього чутливі аеробні грампозитивні і грамнегативні мікроорганізми, у тому числі *P. aeruginosa*.

Тетрациклін виявив високу антибіотичну дію щодо всіх свіжоізолюваних із соризу штамів *P. syringae*, а також всіх колекційних культур *P. syringae*. Бактеріостатичний антибіотик тетрациклін пригнічує синтез білка шляхом блокування зв'язування аміноацил-транспортної РНК (тРНК) з комплексом «інформаційна РНК (іРНК)-рибосома». Це препарат широкого спектра дії щодо грампозитивних і грамнегативних бактерій. Разом з тим клінічні штами *P. aeruginosa* стійкі до дії препарату. Про ефективність тетрацикліну щодо патогенів плодових дерев *P. syringae* повідомляли також інші дослідники (Vasebia Y. et al., 2019), та окситетрацикліну щодо *E. amylovora* (Aćimović S.G. et al., 2015). З іншого боку, тетрациклін продемонстрував найнижчий діаметр зони інгібування $10,0 \pm 0,5$ мм при концентрації 30 мкг/диск до *P. syringae* pv. *lachrymans* (Hossain M.F. et al., 2017).

Штами патогенів соризу та колекційні штами *P. syringae* показали різну чутливість до дії еритроміцину у дозі 15 мкг/диск – від слабої до середньої і високої. Еритроміцин – макролідний антибіотик бактеріостатичної дії. У великих концентраціях і відносно до високочутливих мікроорганізмів може мати бактерицидний ефект. Проникає крізь клітинну мембрану бактерій і зворотно зв'язується з субодиницею 50S бактеріальних рибосом; гальмує транслокацію пептидів з акцепторної ділянки рибосом до донорської, перешкоджаючи подальшому синтезу білка. До дії еритроміцину стійкі штами *Pantoea*

agglomerans (Булигіна Т.В. і ін. 2016) та *P. aeruginosa*. Разом з тим, є повідомлення про резистентність штамів *P. syringae*, ізолюваних із плодових дерев, до еритроміцину (Vasebia Y. et al., 2019). В той же час щодо *P. syringae* pv. *lachrymans* еритроміцин у концентрації 10 мкг/диск продемонстрував найвищу антибіотичну активність з діаметром зони інгібування $40,0 \pm 0,5$ мм (Hossain M.F. et al., 2017).

Пеніцилін у концентрації 10 мкг/диск виявив високу активність щодо двох штамів патогенів соризу *P. syringae* і контрольного штаму 8299, а також слабку щодо чотирьох штамів *P. syringae*. Інші 3 штами *P. syringae* і колекційний штам 8300 були резистентними до дії пеніциліну. Бета-лактамний антибіотик пеніцилін чинить бактерицидну дію на чутливі мікроорганізми шляхом пригнічення біосинтезу клітинної стінки за рахунок блокади пеніцилінів'язуючих білків. Ентеробактерії та *P. aeruginosa* вважаються природно стійкими видами до пеніциліну. Щодо *P. syringae* pv. *lachrymans* пеніцилін у концентрації 10 мкг/диск показав слабу антибіотичну активність з діаметром зони інгібування $15,0 \pm 0,5$ мм (Hossain M.F. et al., 2017).

З трьох ізолятів із соризу, ідентифікованих як *Pseudomonas* sp., два виявилися подібними між собою за високою чутливістю до більшості досліджуваних антибіотичних препаратів і резистентністю до бета-лактамних цефалоспоринових антибіотиків. Один ізолят 21054, навпаки, виявився резистентним до дії більшості антибіотиків і був помірно чутливим до стрептоміцину і тетрацикліну.

Загалом, досліджені штами розподілилися у 5 груп за резистентністю

4. Групи резистентності досліджених штамів *P. syringae* та *Pseudomonas sp.*

№ групи	Резистентність до антибіотиків	Штами	Кількість штамів, %
1	Цефазолін, цефотаксим, цефтазидим	211141a, 8300, 8299, 210521*, 21052*	36
2	Цефазолін, цефотаксим, цефтазидим, пеніцилін	211141, 8301, 210342, УКМ В-1027Т	29
3	Цефазолін, цефтазидим	21034, 210341, 210541в	21
4	Цефазолін, пеніцилін	210541a	7
5	Цефазолін, цефотаксим, цефтазидим, хлорамфенікол, еритроміцин, пеніцилін, тобраміцин,	21054*	7

Примітка: * – штам, які нами ідентифіковано як *Pseudomonas sp.*

до антимікробних речовин (табл. 4).

До найчисельнішої групи увійшли як свіжовиділені, так і колекційні штам, які були резистентні до цефалоспоринових антибіотиків. Друга за чисельністю група включала свіжовиділені і колекційні штам, а також типовий штам *P. syringae* УКМ В-1027Т, у яких до резистентності щодо цефалоспоринових антибіотиків додалася резистентність до пеніциліну. Інші групи резистентності були нечисленними, але одна з них включала штам *Pseudomonas sp.* 21054, який показав широкий спектр резистентності до досліджених антимікробних речовин.

Висновки і перспективи.

Досліджені штам за резистентністю до антимікробних речовин розподілені у 5 груп. Свіжоізолюва-

ні штам, ізолювані з соризу, показали спектр антибіотикочутливості, подібний до колекційних штамів *P. syringae*. Бета-лактаміні цефалоспоринові антибіотики I і III покоління виявилися в цілому найменш дієвими як щодо свіжоізолюваних штамів патогенів соризу *P. syringae*, так і до колекційних штамів патогенів соргових. Найбільшу чутливість досліджувані штам *P. syringae* виявили до стрептоміцину, тетрацикліну і хлорамфеніколу. Оскільки збудники хвороб соризу були найбільш чутливими до стрептоміцину, одним із потенційних джерел пошуку активних антагоністів щодо цих патогенів є ґрунтові стрептоміцети.

References

1. Mann, A., Nehra, K., Rana, J. S., Dahiya, T. (2021). Antibiotic resistance in agricul-

- ture: Perspectives on upcoming strategies to overcome upsurge in resistance. Current research in microbial sciences. 2. 100030. <https://doi.org/10.1016/j.crmicro.2021.100030>.
2. Iwu, C. D., Korsten, L., Okoh, A. I. (2020). The incidence of antibiotic resistance within and beyond the agricultural ecosystem: A concern for public health. *MicrobiologyOpen*. 9(9), e1035. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1035>.
3. World Health Organization (WHO) (2017). Antimicrobial resistance in the food chain. [WWW Document]. WHO. Retrieved from https://www.who.int/foodsafety/areas_work/antimicrobial-resistance/amrfood-chain/en/.
4. Wang, F.-H., Qiao, M., Chen, Z., Su, J.-Q., Zhu, Y.-G. (2015) Antibiotic resistance genes in manure-amended soil and vegetables at harvest. *Journal of Hazardous Materials*. 299, 215–221. [10.1016/j.jhazmat.2015.05.028](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.05.028).
5. Buletsa, N.M., Butsenko, L.M., Pasichnyk, L.A., Patyka, V.P. (2015). The sensitivity of phytopathogenic bacteria to streptomycin under the action of pesticides. *Journal of microbiology*. 77(6); 62–69.
6. Buletsa, N.M., Butsenko, L.M., Pasichnyk, L.A., Patyka, V.P. (2015). The influence of pesticides on the antibiotic sensitivity of phytopathogenic bacteria. 5th All-Ukrainian congress of ecologists with international participation. September 23-26, 2015. Vinnytsia: Collection of Sciences. works - Vinnytsia, 130.
7. Sundin, G. W., Wang, N. (2018) Antibiotic Resistance in Plant-Pathogenic Bacteria. *Annual review of phytopathology*. 56, 161–180. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045946>.
8. Methodical recommendations for determining the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs (2021): Methodical recommendations /T.O. Harkavenko, O.I. Horbatiuk, T.G. Kozytska, V.O. Andriyashchuk, V.M. Harkavenko, S.M. Dybkova, I.V. Azyrkina - K: DNDILDVSE,. 101 p. <http://vetlabresearch.gov.ua/derzhavnizakupivli/docs/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%B1%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf>
9. Офіційний сайт Ліки Контроль. <https://likicontrol.com.ua/%D1%96%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F/?%5b34408>
10. Vasebia, Y., Khakvara, R., Faghihib, M.M., Vinatzer, B.A. (2019). Genomic and pathogenic properties of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains isolated from apricot in East Azerbaijan province, Iran. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Volume 19, May, 101167 <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101167>.
11. Burkot, V.M. (2021). Characterization of the influence of environmental factors on the biological activity of gram-negative non-fermenting bacteria. Dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy. Vinnytsia National Medical University named after M. I. Pirogov, Ministry of Health of Ukraine, Vinnytsia. 149.
12. Hossain, M.F., Hasan, S.M.Z., Zaoti, Z.F., Hasan, M.F., Acharjee, U.K., Islam, M.A., Khalekuzzaman, M., Sikdar, B. (2017). Isolation and characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* from angular leaf spot disease of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and evaluation of its antibiotic sensitivity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(6): 233–238.
13. Aćimović, S.G., Zeng, Q., McGhee, G.C., Sundin, G.W., Wise, J.C. (2015). Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. *Front. Plant Sci.*, 10 February <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00016>.

14. Serizawa, S, Ichikawa, T, Takikawa, Y, Tsuyumu, S, Goto, M. (1989). Occurrence of bacterial canker of kiwifruit in Japan: description of symptoms, isolation of the pathogen and screening of bactericides. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*. 55, 427–36.
15. Han, H.S, Nam, H.Y, Koh, Y.J, Hur, J.-S., Jung, J.S. (2003). Molecular bases of high-level streptomycin resistance in *Pseudomonas marginalis* and *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*. *Journal of Microbiology*. 41, 16–21.
16. Nakajima, M., Yamashita, S., Takikawa, Y., Tsuyumu, S., Hibi, T., Goto, M. (1995). Similarity of streptomycin resistance gene(s) in *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* with *strA* and *strB* of plasmid RSF1010. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 61, 489–92.
17. Moragrega, C., Manceau, C., Montesinos, E. (1998). Evaluation of drench treatments with phosphonate derivatives against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on pear under controlled environment conditions. *European Journal of Plant Pathology*. 104: 171–180
18. Bulygina, T. V., Varbanets, L. D., Pasichnyk, L. A., Zhitkevich, N. V. (2016). Antimicrobial resistance of *Pantoea agglomerans* bacteria. *Microbiology and biotechnology*. No. 1. 68–75. http://nbuv.gov.ua/UJRN/MiB_2016_1_9.

Reshetnikov M., Moroz S., Pasichnyk L., Butsenko L. (2023).

SENSITIVITY OF SORGHUM BACTERIOSIS TO ANTIBIOTICS

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 14(1-2): 112-122.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/42704>

[http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14\(1-2\).2023.003](http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14(1-2).2023.003)

Abstract. *The significant spread of antibiotic resistance, which is a global human problem, is largely due to the excessive use of antibiotics in agricultural practices. The increase in the number of antibiotics in crop production, which is associated with both direct use for the control of phytopathogens and the arrival together with livestock wastes used as fertilizers, leads to an increase in resistance to antimicrobial drugs among plant-associated microorganisms. At the same time, in Ukraine there are practically no data on the detection of antibiotic-resistant strains in crop production and its products, and control over the circulation of bacteria with acquired resistance in this area. The purpose of the study is to determine the sensitivity of strains of bacterial pathogens of sorghum *P. syringae* to antimicrobial drugs with different mechanisms of action.*

*Determination of antibiotic sensitivity was carried out by the disk diffusion method among strains of *Pseudomonas syringae* isolated from sorghum and strains of phytopathogenic bacteria from the collection of the department of phytopathogenic bacteria of the Institute of Microbiology and Virology named after D.K. Zabolotny NASU. It was established that the studied strains were divided into 5 groups according to resistance to antimicrobial substances. The most common is resistance to cephalosporin antibiotics. Freshly isolated strains isolated from sorghum showed a spectrum of antibiotic sensitivity similar to the collection strains of *P. syringae*. The studied strains of *P. syringae* were most sensitive to streptomycin, tetracycline, and chloramphenicol. One of the potential sources for the search for active antagonists against these pathogens is soil streptomycetes.*

Key words: *bacterial diseases, sorghum, phytopathogenic bacteria, resistance to antibiotics*