



В. П. Пати́ка
 доктор біологічних наук, професор,
 завідувач відділу фітопатогенних бактерій
 Інституту мікробіології і
 вірусології ім. Д. К. Заболотного
 Національної академії наук України

УДК 579.841+632.35



Л. А. Пасі́чник
 доктор біологічних наук
 Інституту мікробіології і
 вірусології ім. Д. К. Заболотного
 Національної академії наук України

ФІТОПАТОГЕННІ БАКТЕРІЇ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ І ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ

Анотація. Описані бактеріальні хвороби сільськогосподарських культур і супутніх бур'янів, їх збудники за різних систем землеробства. Виявлені екологічні ніші виживання фітопатогенних бактерій. Визначена спеціалізація збудників бактеріальних хвороб рослин.

Ключові слова: фітопатогенні бактерії, бактеріальні хвороби рослин, сільськогосподарські культури, бур'яни, екологічні ніші, ліпополісахариди.

В. П. Паты́ка

доктор биологических наук, профессор, заведующий отделением фитопатогенных бактерий
 Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного Национальной академии наук Украины

Л. А. Пасичник

доктор биологических наук
 Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного Национальной академии наук Украины

ФИТОПАТОГЕННЫЕ БАКТЕРИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

Аннотация. Описаны бактериальные болезни сельскохозяйственных культур и сопутствующих сорняков и их возбудители при различных системах земледелия. Обнаружены экологические ниши выживания фитопатогенных бактерий. Определена специализация возбудителей бактериальных болезней растений.

Ключевые слова: фитопатогенные бактерии, бактериальные болезни растений, сельскохозяйственные культуры, сорняки, экологические ниши, липополисахариды.

V. P. Palyuka

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Phytopathogenic Bacteria
 Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine

L. A. Pasichnyk

Doctor of Biological Sciences, Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine

PHYTOPATHOGENIC BACTERIA: FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS

Abstract. Described bacterial diseases of agricultural crops and related weeds and their agents in different cropping systems. Ecological niches survival of plant pathogenic bacteria were found. Specialisation of agents of bacterial diseases of plants was determined.

Keywords: phytopathogenic bacteria, bacterial diseases of plants, agricultural crops, weeds, ecological niches, lipopolysaccharides.

Фітопатогенні бактеріїносять значних економічних збитків сільському господарству. Збудники хвороб постійно супроводжують як культурні, так і дикі види рослин, уражують насіння і всі органи рослин протягом вегетації. Вони порушують нормальний перебіг фізіологічних процесів у рослинах, викликають некрози і в'янення рослин, гнілі плодів, що призводить до часткової або повної загибелі рослин. В уражених фітопатогенними бактеріями рослинах зменшується кількість плодів і ягід, погіршується якість продукції та падає урожайність. Часто спостерігається недозрівання урожаю.

В Україні зусиллями співробітників відділу фітопатогенних бактерій вивчені бактеріальні хвороби багатьох видів рослин, в т.ч. зернових, зернобобових, овочевих, плодкових, лісових культур, бавовнику, тютюну, каучуконосів, суданської трави, буряків цукрових та женьшеню [6]. Досліджені сільськогосподарські культури і виявлені збудники бактеріальних хвороб представлені в таблиці.

Аналіз збудників бактеріальних хвороб рослин свідчить, що на одному виді рослин паразитують, в основному, від двох до тринадцяти видів фітопатогенних бактерій. В залежності від умов навколишнього середовища, сорту рослин, системи землеробства, внесення пестицидів проходить перерозподіл і домінування збудників бактеріозів.

Збудниками хвороб сільськогосподарських культур можуть також бути умовно патогенні бактерії, це так звані опортуністичні мікроорганізми. До них відносяться *P. agglomerans*, *P. fluorescens*, *B. subtilis* та інші, які як сапрофіти знаходяться в контакт з рослинами. При певних умовах вони із сапрофітного стану переходять в паразитарний. Характерною особливістю їх є неспецифічність як щодо видів рослин, так і до їх органів. Вони спричинюють хвороби зернових, зернобобових, овочевих, лісових, квітково-декоративних культур та бур'янів [6]. Вперше в 2003 році виявлено масове ураження стебел сої *P. agglomerans*, яке не знизило урожаю, але зменшило розвиток хвороб, спричинених іншими фітопатогенними бактеріями і мікроміцетами. Відмічена роль погодних умов на прояв патогенних властивостей *P. agglomerans* і інших збудників [6, 10].

Досліджена фітопатогенна і сапрофітна бактеріальна мікробіота поверхні і внутрішніх тканин пшениці. Виявлено, що якісний склад домінуючих сапрофітних епіфітних бактерій не відрізняється від спектру ендоефітних бактерій. Проведені дослідження на пшениці показали зміну кількісного та якісного складу патогенної, епіфітної та ендоефітної мікрофлори в залежності від фази росту та розвитку рослин.

Збудники бактеріальних хвороб в Україні

Культури	Ізольовані збудники хвороб
Злакові (пшениця, жито, ячмінь, овес, просо, рис)	<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>avenae</i> (<i>B. avenae</i>), <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pantoea agglomerans</i> (<i>Erwinia herbicola</i>), <i>Pectobacterium carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> , <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> , <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> (<i>P. orydicola</i>), <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>
Кукурудза, сорго, суданська трава	<i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. syringae</i> (<i>P. holci</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> , <i>X. vasicola</i> pv. <i>holcicola</i> (<i>X. holcicola</i>)
Бобові (квасоля, горох, соя, люпин, сочевиця, люцерна)	<i>Clavibacter insidiosus</i> , <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> , <i>P. agglomerans</i> (<i>E. herbicola</i>), <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. marginalis</i> (<i>P. xanthochlora</i>), <i>P. savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i> (<i>P. syringae</i> pv. <i>glycinea</i>), <i>P. savastanoi</i> pv. <i>phaseolicola</i> , <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> (<i>P. vignae</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>pisi</i> , <i>P. syringae</i> pv. <i>tabaci</i> , <i>P. syringae</i> (<i>P. lupini</i>), <i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycines</i> , <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>
Картопля	<i>B. subtilis</i> , <i>Clavibacter michiganensis</i> ssp. <i>sepedonicus</i> (<i>B. sepedonicum</i>), <i>Pectobacterium atrosepticum</i> (<i>E. phytophthora</i>), <i>P. carotovorum</i> (<i>B. carotovorum</i>), <i>P. fluorescens</i> , <i>P. marginalis</i> (<i>P. xanthochlora</i>), ралстонієподібні бактерії
Морква	<i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. fluorescens</i>
Помідор	<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> , <i>Erwinia rhapontici</i> , <i>P. agglomerans</i> (<i>E. herbicola</i>), <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. corrugata</i> *, <i>P. fluorescens</i> , <i>P. marginalis</i> pv. <i>marginalis</i> (<i>P. marginalis</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> , <i>Ralstonia solanacearum</i> , <i>X. vesicatoria</i>
Перець солодкий	<i>P. fluorescens</i> , <i>P. viridiflava</i>
Огірок, диня, кавун	<i>Erwinia toxica</i> *, <i>Pseudomonas burgeri</i> *, <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>lachrymans</i> , <i>Xanthomonas cucurbitae</i>
Капуста	<i>P. agglomerans</i> (<i>E. herbicola</i>), <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>maculicola</i> (<i>P. maculicola</i>), <i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i>
Цибуля	<i>Burkholderia gladioli</i> pv. <i>alliicola</i> (<i>P. alliicola</i>), <i>P. agglomerans</i> (<i>E. herbicola</i>), <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Бавовник	<i>Xanthomonas citri</i> subsp. <i>malvacearum</i> (<i>B. malvacearum</i>), <i>X. necrosis</i> *
Коноплі	<i>Pseudomonas cannabinae</i>
Каучуконоси	<i>P. agglomerans</i> (<i>E. herbicola</i>), <i>P. fluorescens</i>
Буряк цукровий	<i>Erwinia betae</i> * (<i>E. bussei</i>), <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. fluorescens</i> , <i>P. syringae</i> (<i>P. wieringae</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>aptata</i> (<i>P. aptata</i>), <i>Xanthomonas axonopodis</i> (<i>X. beticola</i>), <i>X. axonopodis</i> pv. <i>vasculorum</i>
Ріпак	<i>X. campestris</i> , <i>P. fluorescens</i>
Тютюн, махорка	<i>P. carotovorum</i> (<i>B. carotovorum</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>tabaci</i> (<i>P. tabaci</i>)
Виноград	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Плодові дерева	<i>A. tumefaciens</i> , <i>Bacterium nodantrum</i> *, <i>E. amylovora</i> , <i>Erwinia horticola</i> *, <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>P. fluorescens</i> , <i>P. syringae</i> (<i>P. cerasi</i>), <i>P. syringae</i> pv. <i>morsprunorum</i> (<i>P. morsprunorum</i>), <i>X. arboricola</i> pv. <i>pruni</i> (<i>X. pruni</i>), риккетсієподібні організми
Лісові деревні культури	<i>Bacillus populi</i> *, <i>B. subtilis</i> , <i>Clostridium butyricum</i> , <i>E. horticola</i> *, <i>Erwinia nimipressuralis</i> , <i>Erwinia rhapontici</i> , <i>P. syringae</i> , <i>P. syringae</i> (<i>P. cerasi</i>), <i>P. fluorescens</i>
Квіткові культури	<i>Bacillus</i> sp., <i>P. carotovorum</i> (<i>E. aroideae</i> , <i>E. carotovora</i>), <i>P. fluorescens</i> , <i>P. fluoro-violaceus</i> , <i>Pseudomonas iridis</i> *
Женьшень	<i>Pseudomonas cichorii</i>
Бур'яни	<i>P. agglomerans</i> (<i>E. herbicola</i>), <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>), <i>Pseudomonas</i> sp., <i>P. syringae</i> , <i>P. viridiflava</i>
Водні рослини	<i>Bacillus</i> sp., <i>Erwinia</i> sp., <i>P. carotovorum</i> (<i>E. carotovora</i>), <i>Pseudomonas</i> sp.

Примітка. У дужках вказана назва збудника, під якою його описав автор, «*» - назва виду не наводиться у визначниках бактерій.

Встановлено, що екологічні умови існування бактерій не впливають на їхній жирнокислотний склад. Бактерії *P. agglomerans* за умов ендofітного і епіфітного існування мають однаковий набір жирних кислот, але відрізняються лише їхнім кількісним вмістом. Для штамів роду *Bacillus* характерна наявність розгалужених жирних кислот та відсутність оксикислот [14].

Виявлено, що досліджувані непатогенні бактерії родів *Erwinia*, *Bacillus*, *Pseudomonas* та *Pantoea*, які не проявляють антагоністичних властивостей до фітопатогенних бак-

терій, впливають на патологічний процес, який викликає *P. syringae* pv. *atrofaciens*. Якщо епіфітні бактерії знижували ознаки штучного зараження і при співвідношенні сапрофіт-патоген 1:1 агресивність патогена зменшувалась вдвоє, то при внесенні ендofітних бактерій до *P. syringae* pv. *atrofaciens* навіть в невеликому співвідношенні (1:9) агресивність патогена значно знижувалась. Механізм захисту складний і відбувається, очевидно, не тільки за рахунок антагоністичних властивостей ендofітів до патогенів.

За допомогою репортерного *gusA*-гену, кодуючого в-глюкуронідазу, доведено здатність епіфітних ізолятів *P. agglomerans* нарівні з ендоефітними колонізувати внутрішні тканини рослин. Одержані дані спростовують гіпотезу про те, що ендоефітні штами бактерій мають тільки їм властивий механізм проникнення в рослинні тканини [15].

Показано, що екологічними нішами сапрофітного виживання фітопатогенів є поверхня рослини-господаря та імунних рослин. Так, *P. syringae* pv. *atrofaciens* сапрофітно існує на зовні здорових рослинах пшениці і жита; *P. syringae* pv. *coronafaciens* – на поверхні листків вівса, щиряці звичайної, лободи запашної, молочаю плосколистого, осоту польового, ромашки запашної, кульбаби, мати-й-мачухи та вики [14].

Доведено, що пирій повзучий і райграс високий уражують *P. syringae*, *P. viridiflava*, *Pseudomonas* sp. і *P. agglomerans*. Ізоляти із бур'янів в експерименті високоагресивні для широкого кола сільськогосподарських культур. [7, 19]. Вперше виявлені бактеріальні хвороби водних культур (лепехи звичайної, водяного різика, рдесника, куширу плоскоостого, латаття білого, глечиків жовтих), збудниками яких є *E. carotovora*, *Pseudomonas* sp. і *Bacillus* sp. [12].

За комплексом фенотипових та генотипових ознак (вміст ГЦ пар, нуклеотидною послідовністю гену 16S рРНК) збудник бурі бактеріальної плямистості люпину рекласифіковано на *P. syringae* і *P. savastanoi*. Доведена здатність ізолятів, виділених із люпину уражувати широке коло бобових культур, а також залежність рівня стійкості сортів люпину від вмісту в них алкалоїдів [8, 9].

Українська колекція фітопатогенних бактерій ІМВ НАНУ є єдиною найбільшою і повною в усій Східній Європі. Колекція нараховує біля 2 тисяч штамів 200 видів та патоварів фітопатогенних бактерій і постійно поповнюється новими штамми з різних країн світу. Наявність колекції фітопатогенних бактерій дозволяє вирішувати різноманітні проблеми стосовно систематики і екології фітопатогенів, вивчення їх біологічних властивостей, питання біоконтролю бактеріозів [5].

Широко використовуються серологічні методи ідентифікації фітопатогенних бактерій. На основі термостабільних антигенів патовари *P. syringae* розділені на серогрупи. Вперше визначена хімічна природа О-специфічного ланцюга і кора ЛПС цих серогруп, їх біологічна активність [5]. Вперше виявлена приуроченість штамів з певним термостабільним антигенним складом до умов існування і рослин-живителів [13]. В Україні на уражених рослинах пшениці виявлені штами II, IV, V, VI серогруп, з домінуванням серогрупи IV, на вівсі - I і V з переважанням штамів серогрупи V, у Болгарії на пшениці - II, IV, VI. Штами збудників хвороб зернових культур, виділені як епіфіти, домінують в інших серологічних групах, ніж штами, ізольовані з уражених рослин.

Основні бактеріальні хвороби багатьох сільськогосподарських культур вже вивчені. Але, введення в культуру нових сортів, технологій вирощування рослин, використання різних систем землеробства, надмірно внесення пестицидів, змушує постійно стежити за поширеними у природі фітопатогенами. Тому, розпочинаючи з 2006 р. у відділі проводиться дослідження ролі фітопатогенних бактерій у сучасних системах землеробства. Адже інтенсифікація сільськогосподарського виробництва впливає на властивості фітопатогенних бактерій і відповідно на взаємодію у системі ґрунт – рослина – фітопатогенні бактерії.

Органічне агровиробництво є єдиним серед широкого спектру методів господарювання на Землі, що не завдає шкоди довкіллю. Системи органічного виробництва базуються на специфічних та точних вимогах (стандартах) до процесу виробництва, спрямованих на підтримку оптимального стану екосистеми на соціальному, екологічному та економічних рівнях. Повторне використання поживних речовин та посилення природних процесів допомагають підтримувати родючість ґрунтів та забезпечувати прибуткове виробництво. Рівень шкідників та хвороб

рослин контролюється природним шляхом, а також профілактичними, біологічними та іншими сучасними науковими методами [1].

Так, при вивченні екологічної ролі фітопатогенних бактерій у формуванні збалансованого агрофітоценозу співробітниками відділу проведено моніторинг бактеріальних хвороб пшениці з урахуванням внесення різних доз мінеральних добрив і культур-попередників, виділені та охарактеризовані бактерії-збудники [16]. Показано, що симптоми прояву основної хвороби пшениці – базального бактеріозу, що спричинює *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*, варіювали залежно від агротехнічних прийомів, фази розвитку рослин і факторів навколишнього середовища. Встановлено, що внесення підвищених доз азотних, фосфорних і калійних добрив збільшує вірогідність ураження пшениці збудниками базального бактеріозу *P. syringae* pv. *atrofaciens* і чорного бактеріозу *Xanthomonas translucens*. Штами *P. syringae* pv. *atrofaciens*, ізольовані з уражених рослин пшениці, не є вузькоспеціалізованими, а в експерименті уражують бур'яни – осот, польовий вощ і пирій [16].

Встановлено, що за органічної системи землеробства ураженість пшениці збудником базального бактеріозу *P. syringae* pv. *atrofaciens* і бур'янів, які ростуть в посівах нижча, ніж за використання інтенсивної системи землеробства.

Основними збудниками бактеріальних хвороб науково-дослідних і промислових посівів сої є *P. savastanoi* pv. *glycinea* (кутаста плямистість сої) і *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (пустульний бактеріоз). Другорядні збудники – *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* і збудник іржавої плямистості сої *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, який виявлений в Україні вперше [6, 10]. Жирнокислотний склад клітинних ліпідів виявився дієвим хемотаксономічним прийомом для ідентифікації даного збудника як на родовому, так і видовому рівні. Розповсюдження збудників бактеріозів сої залежить від сорту рослин, агротехнологій вирощування, кількісного навантаження пестицидів, застосування методів біологічного контролю.

Вперше проведено моніторинг збудників бактеріозів бур'янів в агрофітоценозах пшениці і сої. Виявлено і описано бактеріальні хвороби багаторічних бур'янів – березки польової, кульбаби, осоту польового, пирію повзучого і хвоща польового, збудники яких ідентифіковано як *Pseudomonas syringae*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pantoea agglomerans*, *P. fluorescens*, *Curtobacterium flaccumfaciens* [22, 23]. Встановлено серологічну спорідненість бактерій роду *Pseudomonas*, ізольованих із бур'янів, із збудниками бактеріальних хвороб – *P. syringae* і *P. syringae* pv. *atrofaciens*. Уперше ізольовано патогенні для рослин дріжджі – *Rhodospiridium diobovatum* і *Rhodotorula* sp., які менш агресивні ніж фітопатогенні бактерії, але можуть становити загрозу для сільськогосподарських культур. Виявлено, що поверхню ззовні здорових бур'янів, які ростуть в посівах сільськогосподарських культур колонізують фітопатогенні бактерії роду *Pseudomonas* [7].

Поліфаг *P. syringae* pv. *syringae*, збудник базального бактеріозу пшениці *P. syringae* pv. *atrofaciens* і збудник іржавої плямистості сої *C. flaccumfaciens* проявляють високу агресивність за штучного зараження низки видів бур'янів. Враховуючи результати перехресного зараження рослин збудниками бактеріозів бур'янів і сільськогосподарських культур, можна допустити, що бур'яни є однією з екологічних ніш виживання фітопатогенних бактерій за несприятливих або екстремальних умов довкілля. Багаторічні бур'яни не тільки засмічують посіви сільськогосподарських культур, але являють собою потенційну загрозу спалаху бактеріозів.

Встановлено, що основною причиною бактеріального в'янення томату є *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, збудник бактеріального раку томату. Особливо небезпечний він у закритому ґрунті, де спричиняє масові ураження рослин у період плодоношення [6]. Виявлено, що фенотипові властивості та агресивність

штамів *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, ізольованих із різних екологічних ніш України, відрізняються від виділених у інших регіонах світу кількістю засвоєваних вуглецевмісних речовин у межах, характерних для виду. Зазначені високоагресивні штами за довгого зберігання в колекції частково втрачають агресивність.

Жиринокислотний склад клітинних ліпідів *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* при різних умовах культивування знаходиться у вузькому діапазоні C₁₄-C₁₈ і належить до ізоантеїзового типу.

Показано значну спорідненість збудника мокрої водянистої гнилі люпину – *Pseudomonas xanthochlora* з представниками виду *P. marginalis* за рядом ознак фенотипу. Аналіз нуклеотидної послідовності гену 16S рРНК виявив високий рівень гомології (98-99%) досліджуваних штамів *P. xanthochlora* як з представниками виду *P. fluorescens* так і *P. marginalis*. На основі аналізу ознак фенотипу та генотипу досліджені штами віднесено до виду *P. marginalis* [8, 9].

На основі проведеного моніторингу ріпаку в різних кліматичних зонах України виявлені і описані бактеріальні хвороби. За фенотиповими і генотиповими властивостями виділені із ріпаку фітопатогенні бактерії ідентифіковані як *Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Серед великої кількості сортів ріпаку виявлені стійкі до збудників бактеріозів ріпаку, які необхідно використовувати в сільському господарстві [11].

Оскільки фітопатогенні бактерії не лише завдають значної шкоди рослинництву, а й можуть виявляти токсичну дію на ссавців, були започатковані дослідження геномодулювальної дії цих бактерій. Вперше показано, що фітопатогенні бактерії *P. syringae* pv. *atropaciens* 8281, *P. syringae* pv. *coronafaciens* 9030, *P. syringae* pv. *syringae* 8511, *P. carotovorum* subsp. *carotovora* 8982, *A. tumefaciens* 9052 та *P. fluorescens* 7769, *P. aeruginosa* 9024 за культивування їх в лабораторних умовах на різних поживних середовищах не утворюють екзометаболітів з мутагенною активністю. Встановлено, що ліпополісахаридам (ЛПС) штамів *P. syringae* притаманні антимутогенні властивості. Вони виявляють протекторну активність щодо мутагенної дії біхромату калію і N-метил-N'-нітро-N'-нітрозогуанідину на тест-штами *S. typhimurium* TA98 і TA100 [3].

Вперше для фітопатогенних бактерій виявлено здатність *P. syringae* продукувати екзометаболіти, які впливають на генетичний апарат рослин. Встановлено, що ЛПС фітопатогенних бактерій зумовлюють деструкцію хромосом рослин. Виявлено, що препарати ЛПС штамів *P. syringae* pv. *atropaciens* змінюють фізіологічний стан проростків *Allium cepa*, про що свідчить підвищення пероксидазної активності та вмісту малонового альдегіду у рослинах [2, 3].

Встановлено здатність ЛПС штамів *P. syringae* pv. *atropaciens* запобігати пухлиноутворенню, індукованому тест-штамами *A. tumefaciens* на експлантатах картоплі.

Незважаючи на перспективність впровадження в землеробстві України біологічних препаратів, наразі надається перевага використанню пестицидів хімічного походження для захисту від збудників хвороб. Тому доцільно використовувати такі пестициди, які крім антифунгальної активності проявляють б і антибактеріальну щодо збудників бактеріальних хвороб. Виявлено, що препарати, які містять беноміл, флудиоксоніл, пенконазол, дифеноконазол, тіофанат-метил, не мають антибактеріальної активності стосовно всіх досліджених штамів *P. syringae* pv. *atropaciens* та *A. tumefaciens*, *P. carotovorum*, *X. vesicatoria*, *P. syringae* pv. *lachrymans*. Антибактеріальну активність стосовно штамів збудника бактеріозу зернових *P. syringae* pv. *atropaciens* та *A. tumefaciens*, *X. vesicatoria*, *P. syringae* pv. *lachrymans* проявляє лише манкоцеб та манкоцеб у комбінації з металаксилом. Препарати, які містять цю діючу речовину припиняють ріст досліджених бактерій у рекомендованій виробником дозі.

Досліджено антагоністичну активність штамів бактерії роду *Bacillus* до збудників бактеріозів томату. Шість

стабільних високоактивних антагоністів з широким спектром дії відносно збудників бактеріозів томату, нетоксичних зі стимулюючою дією на проростки томату, можуть бути перспективними для створення на їх основі біопестицидів для захисту томату від бактеріальних патогенів. Виявлено, що *Bacillus subtilis* IMB-7023 і *B. pumilus* 3 є перспективними для захисту томатів від *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*. Штами баціл впливають на розвиток патологічного процесу, який спричинює збудник, і знижують симптоми розвитку хвороби [20].

Крім негативної ролі, фітопатогенні бактерії можуть мати і позитивні властивості: вони можуть бути продуцентами біологічно активних речовин. Так, збудник судинного бактеріозу капусти *Xanthomonas campestris* є продуцентом екзополісахариду – ксампану. Показана можливість широкого використання екзополісахариду ксампану в багатьох галузях промисловості – текстильній і харчовій, сільському господарстві та при вторинному видобутку нафти [4]. Встановлено, що ксампан виявляє дезінтоксикаційні і радіопротекторні властивості шляхом активації антиоксидантної захисної функції організму, що сприяє нормалізації мікробіоти шлунково-кишкового тракту, а також виявляє антимутогенну активність. Тому ксампан рекомендовано в якості функціонально активної добавки до низькокалорійного дієтичного та лікувального харчування [18] На основі ксампану та акриламідую створено біологічний гель – препарат ЕПАА, показана перспективність його використання в деревообробній, текстильній, мікробіологічній промисловостях і сільському господарстві [17, 21]. Використання ЕПАА, як прилипача пестицидів, дозволяє в сільському господарстві на 30% знизити норми витрат препаратів.

Таким чином, встановлено широке ураження сільськогосподарських культур і супутніх бур'янів збудниками бактеріальних хвороб родів *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Pectobacterium*, *Clavibacter* і *Curtobacterium*.

Література

1. Антоненко С.С., Писаренко В.М., Опара М.М., Писаренко П.В., Чекрізов І.О., Москаленко С.Л., Лук'яненко Г.В. та інші. Органічне землеробство. Практичні рекомендації. – Полтава: РВВ ПДАА, 2010. – 20 с.
2. Богдан Ю.М., Пасічник Л.А., Буценко Л.М., Гвоздяк Р.І., Патица В.П. Вплив культуральної рідини *Pseudomonas syringae* pv. *atropaciens* 9417 на клітини *Allium cepa* // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. - 2010. - вип. 1(19). - С.101-107.
3. Богдан Ю.М., Буценко Л.М., Пасічник Л.А., Гвоздяк Р.І. Вплив ліпополісахариду *Pseudomonas syringae* pv. *atropaciens* 9417 на процеси мутагенезу в про- та еукаріотній системах // Biopolymers and Cell. - 2010. - V. 26, N 1. - P. 23-28.
4. Гвоздяк Р.І., Матышевская М.С., Григорьев Е.Ф., Литвинчук О.А. Микробный полисахарид ксантан. - Киев: Наук. думка, 1989. - 212 с.
5. Гвоздяк Р.І., Пасічник Л.А., Патица В.П. Відділ фітопатогенних бактерій: минуле і сучасність // Мікробіол. журн. - 2008. - 70. - №2-3.- С.48-54.
6. Гвоздяк Р.І., Пасічник Л.А., Яковлева Л.М., Мороз С.М., Литвинчук О.О., Житкевич Н.В., Ходос С.Ф., Буценко Л.М., Данкевич Л.А., Гриник І.В., Патица В.П. Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: [монографія: в 3-х т.]. - Т.1. - К.: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2011. - 444 с.
7. Гвоздяк Р.І., Яковлева Л.М., Пасічник Л.А., Щербина Т.М., Огородник Л.Е. Бактерії роду *Pseudomonas* на сорняках // Мікробіол. журн. - 2005. - 67, № 2.- P. 63-69.
8. Данкевич Л.А., Гвоздяк Р.І. Патогенні та біохімічні властивості збудника бурі бактеріальної плямистості люпину *Pseudomonas lupini* // Агроекологічний журн. - 2005. - № 1. - С. 63-68.
9. Данкевич Л.А., Гвоздяк Р.І. Генотипові властивості збудника бурі бактеріальної плямистості люпину // Біополімери і клітина. - 2006. - 22, № 2. - С. 121 - 126.
10. Житкевич Н.В., Патица В.Ф. Чем болеет соя // Зерно. - 2010. - №9. - С.56-60.
11. Захарова О.М., Мельничук М.Д., Данкевич Л.А., Патица В.П. Бактеріальні хвороби ріпаку // Мікробіол. журн. - 2012. - 74. - № 6. - С.46-52.
12. Огородник Л., Гвоздяк Р., Яковлева Л. Бактеріальні хвороби лататка білого (*Nymphaea alba* L.) і глечиків жовтих (*Nuphar lutea* (L.) Smith) в Україні як фактор загрози збереження й розповсюдження цінних лікарських рослин // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - 2007. - № 12. - С.49-51.
13. Пасічник Л.А. Антигенні властивості патогенів *Pseudomonas syringae*, які уражують зернові культури // Мікробіол. журн. - 2000.- 62.- №5.- С.18-22.
14. Пасічник Л.А. Фітопатогенні і сапрофітні бактерії агроєкосистем пшениці та вівса // Автореф. дис. ... докт. біол. наук. - Київ, 2009. - 43 с.
15. Пасічник Л.А., Патица В.Ф., Ходос С.Ф., Винничук Т.С. Базальний бактеріоз пшениці і вплив агротехнічних прийомів на його розповсюдження // Мікробіол. журн. - 2012. - 74. - №4. - С.37-44.
16. Пасічник Л.А., Гвоздяк Р.І., Козирівська Н.О., Ковальчук М.В., Негруцька В.В., Ходос С.Ф. Проникнення Pantoea agglomerans в коріння пшениці // Вісник Одеського національного університету. - 2005. - 10, Вип. 7. - С. 294-299.

17. Патент 24856 UA C08 F 220/56 Спосіб одержання співполімеру поліакриламід (ЕПАА). – Видюченко Е.М., Воцелко С.К., Гвоздяк Р.І., Гнідець В.П., Литвинчук О.О. та ін. – Опубл. 15.10.2002. Бюл. № 10.
 18. Патент 62960 UA A23L1/054 Біологічно активна харчова добавка «ксампан». – Воцелко С.К., Гвоздяк Р.І., Ісаакян Л.О., Качалая Д.П., Калакура М.М., Литвинчук О.О. Гаєвська Н.О. – Опубл. 15.01.2004. Бюл. № 1.
 19. Патыка В.Ф., Яковлева Л.М. Бактериозы и сорняки: ущерб, но и новые шансы. Фитопатогенная опасность сорняков // Зерно. – 2011. – №1. – С.82-85
 20. Рой А.А., Пасичник Л. А., Церковняк Л.С., Ходос С.Ф., Курдыш И.К. Влияние бактерий рода *Bacillus* на возбудителя бактериального рака томатов // Микробиол. журн. – 2012. – № 5. – С. 74-80.
 21. Титова Л.В., Бровко И.С., Леонова Н.О., Воцелко С.К., Иутинская Г.А., Патыка В.Ф. Роль липкогенных компонентов в повышении физиологической активности ризобий и продуктивности соево-ризобияльного симбиоза // Микробиол. журн. – 2012. – 74. – №6. – С.9- 16
 22. Яковлева Л.М., Захарченко Т.М., Щербина Т.М., Патыка В.П. Бактеріальні захворювання *Convolvulus arvensis* L. у посівах *Glicine max* (L.) Merr. та їх збудники // Вісник Харківського Національного аграрного університету. Серія біологія. – 2010. – вип. 3(21) . – С.92-98
 23. Яковлева Л.М., Патыка В.Ф., Щербина Т.Н., Савенко Е.А. Видовой состав возбудителей бактериоза хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) // Микробиол. журн. – 2012. – 74. – №3. – С.29- 35.

References

1. Antonets S.S., Pysarenko V.M., Opara M.M., Pysarenko P.V., Chekrizov I.O., Moskalenko S.L., Lukyanenko G.V. and others. Organic geponics. Practical recommendations. Poltava: RVV PDAA, 2010, 20 p.
 2. Bogdan Yu.M., Pasichnyk L.A., Butsenko L.M., Hvozdyak R.I., Patyka V.P. The impact of cultural liquid *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9417 on cells *Allium* sera. Bulletin of Kharkov National Agrarian University. Series biology. 2010, 1 (19), 101-107.
 3. Bogdan Yu.M., Butsenko L.M., Pasichnyk L.A., Hvozdyak R.I. Effect of lipopolysaccharide *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9417 on the processes of mutagenesis in pro- and eukaryotic systems. Biopolymers and Cell. 2010, V. 26, N 1, 23-28.
 4. Hvozdyak R.I., Matyshevskaya M.S., Grigoriev E.F., Lytvynchuk O.A. Microbial polysaccharide xanthan. Kiev: Nauk. dumka, 1989, 212 p.
 5. Hvozdyak R.I., Pasichnyk L.A., Patyka V.P. Department of pathogenic bacteria: past and present. Mikrobiol. Zhurn. 2008, 70, №2-3, 48-54.
 6. Hvozdyak R.I., Pasichnyk L.A., Yakovleva L.M., Moroz S.M., Lytvynchuk O.O., Zhytkevych N.V., Hodos S.F., Butsenko L.M., Dankevich L.A., Grynyk I.V., Patyka V.P. Pathogenic bacteria. Bacterial diseases of plants. Vol.1. Kyiv: LLC 'NVP' Interservis', 2011, 444 p.

7. Hvozdyak R.I., Yakovleva L.M., Pasichnyk L.A., Scherbyna T.N., Ohorodnyk L.E. *Pseudomonas* bacteria on weeds. Mikrobiol. Zhurn. 2005, 67, № 2, 63-69.
 8. Dankevich L.A., Hvozdyak R.I. Pathogenic and biochemical properties of the causative agent of bacterial brown spot lupine *Pseudomonas lupini*. Agroecological journal. 2005, № 1, 63-68.
 9. Dankevich L.A., Hvozdyak R.I. Genotype properties of bacterial pathogen of brown spot lupine. Biopolymers and cell. 2006, 22, p. 121 - 126.
 10. Zhytkevych N.V., Patyka V.F. Diseases of soy. Zerno. 2010, №9, 56-60.
 11. Zakharova O.M., Melnychuk M.D., Dankevich L.A., Patyka V.P. Bacterial diseases of rape. Mikrobiol. Zh. 2012, 74, № 6, 46- 52.
 12. Ogorodnik L., Hvozdyak R., Yakovleva L. Bacterial disease of white water lilies (*Nymphaea alba* L.) and yellow water lilies (*Nuphar lutea* (L.) Smith) in Ukraine as a threat factor of storage and distribution of medicinal plants. Bulletin of Kyiv National University named after Taras Shevchenko. 2007, № 12, 49-51.
 13. Pasichnyk L.A. Antigenic properties of *patovariv Pseudomonas syringae*, which strike crops. Mikrobiol. Zh. 2000, 62, №5, 18-22.
 14. Pasichnyk L.A. Pathogenic and saprophytic bacteria of wheat and oats agroecosystems. Author. Thesis. Kyiv, 2009, 43 p.
 15. Pasichnyk L.A., Patyka V.F., Hodos S.F., Vynnychuk T.S. Basal bacteriosis of wheat and effect of agrotechnical measures on its distribution. Mikrobiol. Zh. 2012, 74, №4, 37- 44.
 16. Pasichnyk L.A., Hvozdyak R.I., Kozyrovska N.O., Kovalchuk M.V., Nehrutka V.V., Hodos S.F. Penetration of *Pantoea agglomerans* in wheat roots. Bulletin of Odessa National University. 2005, Vol. 7, 294-299.
 17. Vydyuschenko E.M., Votselko S.K., Hvozdyak R.I., Hnidets V.P., Lytvynchuk O.O. Patent 24 856 UA C08 F 220/56 method for producing acrylamide copolymer (EPAА). Publish. 15.10.2002. Bull. № 10.
 18. Votselko S.K., Hvozdyak R.I., Isaakyan L.A., Kachalay D.P., Kalakura N.N., Lytvynchuk O.O., Gayevska N.O. Patent A23L1 UA 62 960/054 biologically active food supplement 'ksampan'. Publish. 15.01.2004. Bull. № 1.
 19. Patyka V.F., Yakovleva L.M. Bacterioses and weeds, damage and new chances. Zerno. 2011, №1, 82-85
 20. Roy A.A., Pasichnyk L.A., Tserkovnyak L.S., Hodos S.F., Kurdysh I.K. Effect of *Bacillus* bacteria on bacterial pathogen cancer of tomatoes. Mikrobiol. Zh. 2012, № 5, 74-80.
 21. Titova L.V., Brovko I.S., Leonova N.O., Votselko S.K., Iutinskaya G.A., Patyka V.F. Role of lipogenic components in increase of physiological activity and productivity of rhizobia and soy symbiosis. Mikrobiol. Zh. 2012, 74, №6, 9- 16
 22. Yakovleva L.M., Zakharchenko T.N., Shcherbyna T.N., Patyka V.P. Bacterial diseases of *Convolvulus arvensis* L. in crops *Glicine max* (L.) Merr. and their pathogens. Journal of Kharkov National Agrarian University. Series biology. 2010, Vol. 3 (21), p. 92-98
 23. Yakovleva L.M., Patyka V.F., Shcherbyna T.N., Savenko E.A. Varietal composition of bacteriosis pathogen of the field horsetail (*Equisetum arvense* L.). Mikrobiol. Zh. 2012, 74, №3, 29-35.

УДК 633.31/37: 631.461

Т. В. Горгулько
 аспирант, младший научный сотрудник
 лаборатории биологического азота и фосфора
 Института сельского хозяйства Крыма
 Национальной аграрной академии наук Украины
 t.gorgulko@gmail.com



ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ

Аннотация. Статья посвящена двухлетним исследованиям влияния систем обработки почвы на формирование и функционирование микробных ассоциаций, активность ферментов в ризосфере почвы растений сои при использовании различных систем обработки почвы: обработка почвы на глубину 22–24 см, поверхностная обработка на глубину 6–8 см, использования дисков на 12–14 см и без обработки – No-till технология.

Показано, что на формирование микробиоценоза в ризосфере почвы влияла и фаза развития растений, и система обработки почвы. Выявлено, что в среднем за два года численность амонификаторов в ризосфере сои увеличивалась на 23% до конца вегетации растений. Численность азотфиксирующих микроорганизмов была высокой в фазу созревания в варианте с поверхностным возделыванием почвы. Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов существенно увеличилось в фазу созревания сои в варианте с No-till технологией (211,8–792,6x10² КОЕ/г а.с.п.), что свидетельствует об активном распаде целлюлозы.

Выявлено, что каталазная активность увеличивалась к фазе зрелости бобов (13,1–17,4 мл O₂/минуту) и была максимальной при вспашке. Установлено, что вспашка на глубину 22–24 см, поверхностное возделывание на глубину 6–8 см и дискование на 12–14 см обеспечили увеличение урожайности семян сои сорта Фаэтон на 0,16; 0,31; 0,39 т/га (11,9; 9,7; 5,2 %) в сравнении с технологией No-till.

Ключевые слова: биологическая активность, продуктивность сои, обработка почвы, No-till.

T. V. Gorgul'ko

Post graduate student, Junior researcher of Biological nitrogen and phosphorus laboratory
 Institute of Agriculture of the Crimea of National Agrarian Academy of Sciences of Ukraine

THE INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL TREATMENTS ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

Abstract. The article is devoted to a two-year research of the influence of the systems of the soil treatment on the formation and functioning of microbial cenoses, the enzyme activities in the soil rhizosphere of soybean. Different systems of soil