

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНІ БАКТЕРІЇ РИЗОСФЕРИ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

А.П. Маслоїд
аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: masloid2017@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6189-4579>

У статті наведено результати досліджень впливу систем удобрення та передпосівної інокуляції на фосфатмобілізувальні бактерії ризосфери цукрового буряку. Для бактеризації насіння було взято: Поліміксобактерин (на основі бактерій *Bacillus pumilus*, які здатні до трансформації важкорозчинних неорганічних фосфатів та органофосфатів, а також до продукування речовин фітогормональної дії) та комплекс Поліміксобактерин + *Trichoderma* (*Trichoderma harzianum* IA115 зданий до руйнування рослинних залишків та покращення структури ґрунту). Проведення мікробіологічного аналізу ґрунту ризосфери буряку без бактеризації насіння свідчить, що розвиток мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні форми фосфатів, залежить від агрофону. Застосування як мінеральних, так і органо-мінеральних добрив стимулює розвиток досліджуваної групи мікроорганізмів. Для формування угруповання мікроорганізмів, які мобілізують важкорозчинні мінеральні фосфати в ризосфері рослин буряку (без бактеризації насіння), є застосування $N_{160}P_{120}K_{160}$ із додаванням гною 32 т/га. Для формування угруповання мікроорганізмів, які мобілізують органофосфати, оптимальним є використання лише мінеральних добрив у кількості $N_{160}P_{120}K_{160}$. Обробка насіння Поліміксобактерином збільшує чисельність бактерій, що мобілізують важкорозчинні мінеральні фосфати, у всіх варіантах дослідження включно із контролем без добрив. Оптимальним для розвитку мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні форми фосфатів у ризосфері рослин буряку, є обробка насіння Поліміксобактерин + *Trichoderma* і застосування мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$. Найбільш оптимальним для формування угруповання мікроорганізмів, що гідролізують органофосфати в ризосфері рослин буряку, є обробка насіння Поліміксобактерин + *Trichoderma* та внесення мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$.

Отже, отримані результати досліджень говорять про суттєвий вплив системи удобрення та обробки насіння на чисельність фосфатмобілізувальних бактерій у ризосфері цукрового буряку.

Ключові слова: фосфатмобілізація, органічні добрива, мінеральні добрива, технічні культури.

ВСТУП

Використання бактеріальних препаратів є рекомендованим елементом біологічного землеробства та частиною екологічно безпечної і ресурсозберігаючої технології вирощування цукрових буряків. Широко відомим є факт позитивного впливу мікробних препаратів на рослини буряку та опубліковані дані про використання їх ефективних композицій, що дають змогу підвищити урожай цих коренеплодів [1; 2; 3]. Нами раніше було продемонстровано, що інокуляція насіння цукрових буряків бактеріальними препаратами дозволяє реалізувати можливість впливу комплексу біологічно активних речовин, що вони продукують, на рослини впродовж періоду їх вегетації. Було встановлено, що в зоні недостатнього зволоження Правобережного Лісостепу України інокуляція насіння буряків цукрових сприяла підвищенню

польової схожості від 9,6–13,9% до 11,9–17,2% залежно від використаних мікроорганізмів, їх комбінацій та різних систем органо-мінерального удобрення [2]. Також показано, що застосування бактеріальних препаратів для обробки насіння цукрових буряків сприяло значному зниженню ураженості ростків коренеюдом за рахунок поліпшення умов живлення, а також підвищенню врожаю та якості коренеплодів за вмістом цукру [4]. Такий вплив мікроорганізмів на рослини буряку може бути зумовлений різними чинниками, наприклад продукуванням мікроорганізмами симуляторів росту, синтезом сидерофорів чи ферментів здатних регулювати рівень рослинних гормонів або їх здатність до солубілізації важливих мінеральних речовин, таких як фосфор [5]. Відомо, що саме фосфор, поруч з азотом, є другим найбільш важливим біогенним компонентом у рослинництві. Він є

структурним компонентом нуклеїнових кислот, фосфоліпідів та аденозинтрифосфатів, тому бере участь у метаболічних і біохімічних реакціях як ключовий елемент [6; 24].

Наявність доступного рослинам фосфору залежить від розчинності його сполук у ґрунті, що впливає на діяльність кореневої системи рослин і ґрунтових мікроорганізмів. При застосуванні фосфатних добрив під сільськогосподарські культури для подолання дефіциту фосфору в ґрунтах доведено, що коефіцієнт їх поглинання рослинами не перевищує 40%, і їх решта частково мігрує в нижчі шари ґрунту та швидко перетворюється в нерозчинні комплекси.

Отже, для того щоб забезпечити найбільш ефективне використання обмежених запасів фосфорних добрив і уникнути в майбутньому їх нестачі, необхідно вивчати та широко застосовувати у практиці сільськогосподарського виробництва засоби, що сприяють розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів у ризосфері рослин, які забезпечать ефективне використання цього елемента як із ґрунтових запасів, так і з внесених добрив [6].

Тому метою дослідження постало встановлення впливу різних систем удобрення та бактеріальних препаратів на чисельність фосфатмобілізувальних мікроорганізмів у ризосфері буряку.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Чисельні публікації закордонних і вітчизняних дослідників свідчать про надзвичайно важливе значення мікроорганізмів у ґрунтоутворенні й підтриманні родючості ґрунтів, а також про їх глобальну роль у збагаченні ґрунтів доступними сполуками азоту, за рахунок азотфіксації атмосферного азоту та фосфору, завдяки мобілізації його з важкорозчинних неорганічних та органічних сполук [8–10; 12–16; 18].

Вплив наявності розчинних сполук фосфору на мікробну спільноту ґрунту та його функціональні реакції поодинокі й не є широко дослідженими. Так, дослідження S. Samadgar та групи вчених під його науковим керівництвом передбачало високопродуктивне секвенування 16S рРНК для вивчення структури, розміру й функцій бактеріальних угруповань у ґрунтах, на яких довготривало вирощували рис і вносили фосфорні добрива, та порівняння з ґрунтами без внесення фосфорних добрив [11]. Вони показали, що наявність фосфору у ґрунті суттєво впливає на філогенетичний склад бактерій ґрунту та їх функціональні зв'язки. Популяції таких бактерій, як *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*,

Acidobacteria, *Chloroflexi* та *Cyanobacteria*, частіше з'являлися за умов відсутності постійного внесення фосфору у ґрунт. Вищезгадані вчені показали, що бактерії роду *Geobacter* використовують високоспецифічний транспортер фосфору за умов його обмеженої кількості в ґрунті, а *Massilia*, відомий своєю здатністю до сольобілізації фосфору, зустрічався у значно більшій кількості у ґрунтах, де не вносилися фосфорні добрива. Це дослідження чудово охарактеризувало домінуючий мікробіом ґрунтів за умов відсутності внесених фосфатних добрив, а також дало краще уявлення про екологічні та еволюційні реакції мікробів у ґрунтах з обмеженим вмістом фосфору.

Дані, отримані П.В. Ковпак із співавторами, свідчать, що оптимальним для розвитку мікроорганізмів, які розчиняють мінералофосфати, є саме роздрібне застосування мінеральних добрив у дозах, що не перевищують $N_{60}P_{60}K_{60}$. Підвищення рівня цих добрив може призводити до зниження чисельності бактерій, що розчиняють мінералофосфати. Але їх висновки ґрунтуються на аналізі фосфатмобілізуючих мікроорганізмів лише в кореневій зоні рослин пшениці озимої [22].

Загальновідомо, що мікроорганізми, здатні мобілізувати фосфати, сприяють росту рослин, і часто це супроводжується синтезом рослинних гормонів (ауксинів, гіберелінів тощо). Kudoyarova G.R. із співавторами показали ступінь внеску цих характеристик у стимулювання росту рослин [15]. Відібрані ними за здатністю мобілізувати фосфати та синтезувати ауксини *in vitro* штами *Paenibacillus illinoisensis* IB 1087, *Pseudomonas extremaustralis* IB-Ki-13-1A було взято для поливу рослин пшениці та показано вплив інокуляції цими бактеріями на вміст рухомого фосфору в ґрунті, а також на вміст фосфору і гормонів у рослинах пшениці. Вони показали, що інокуляція бактеріями збільшувала концентрацію фосфору у рослинах, і це свідчить про їх підвищену здатність до ефективного засвоєння сполук фосфору, тоді як концентрація рухомого фосфору в ґрунті збільшувалася за рахунок його зараження бактеріями лише за відсутності рослин. Така обробка також збільшила масу рослин (більшою мірою у випадку *P. illinoisensis*) відповідно до підвищеного рівня ауксинів у обробленій рослині. Але їм не вдалося знайти прямої кореляції між потенціалом продукції ауксину та мобілізацією фосфору, що проявляється бактеріальними штамами *in vitro*, з одного боку, та підвищеним рівнем ауксинів у рослинах та стимуляцією їх росту в ґрунті, з іншого боку. Тим не менш, вони показали, що внесення в ґрунт фосфатмобілізуючих і ауксиноутворюючих бактерій підвищило біо-

масу рослин і вміст фосфору в їх тканинах. Це вказує на важливість підвищеного вмісту ауксину в рослинах для стимуляції росту коренів, унаслідок чого покращується їх здатність до поглинання фосфору під впливом бактерій, що стимулюють їх ріст. Пізніші дослідження показали, що інокуляція насіння пшениці бактеріями *P. Extremaustralis IB-K13-1A* та *Bacillus subtilis IB-22* може стати ефективним засобом для мобілізації фосфатів і збільшення продуктивності рослин [17]. Але, зважаючи на те, що експерименти проводилися лише в одному типі ґрунтів, автори вважають, що для перевірки подібних даних потрібні додаткові експерименти з виявлення схожих закономірностей та таких саме ефектів на інших ґрунтах.

Крім того, існують дослідження щодо чисельності фосфатмобілізуючих бактерій у чорноземі та трансформації фосфору в кореневій зоні рослин кукурудзи за умов впливу бактеріальних препаратів [16]. Експериментально було показано, що за умов бактеризації насіння кукурудзи та обробки рослин у фазі 3–5 листків або 7–9 листків у їх кореневій зоні зростає чисельність бактерій, які гідролізують органічні фосфати на 54% (до 24,2 млн/г ґрунту), і тих, що розчиняють мінеральні фосфати кальцію на 145% (до 26,0 млн/г ґрунту). До того ж відбувається підвищення фосфатної активності від 2,31 мг P_2O_5 до 3,68 мг $P_2O_5/100$ г ґрунту за годину та зростає ступінь рухомості фосфатів залежно від фаз розвитку рослин. Вміст рухомих сполук фосфору в ризосферному ґрунті, в свою чергу, знижується внаслідок інтенсивнішого їх засвоєння рослинами [16]. Також є дані, що навіть внесення різних форм добрив може істотно змінювати як вміст, так і просторовий розподіл рухомих форм фосфору [23].

Аналіз літературних джерел дає можливість стверджувати, що незважаючи на існуючий суттєвий обсяг досліджень групи фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів, залишається низка нерозкритих питань щодо впливу різноманітних чинників, у тому числі й добрив, на їх чисельність у ризосфері рослин, зокрема буряку цукрового.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН загальноприйнятим методом (методом конверту) у 2019–2021 рр. [19; 20]. Дослідні поля розташовані в підрайоні «б» першого агрокліматичного району Київської області. Тип ґрунту дослідних полів чорнозем типовий малогумусний, за механічним складом крупнопилкувато-

середньосуглинковий. Фізико-хімічні властивості ґрунту: вміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см складає 3,0%, легкогідролізованого азоту — 6,6 мг, рухомого фосфору — 147 мг/кг і обмінного калію — 152 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН = 5,2).

У дослід взято сорти цукрового буряку вітчизняної селекції.

Схема досліду.

Варіанти інокуляції насіння перед сівбою:

1. Контроль без бактеризації.
2. Обробка Поліміксобактерином.
3. Обробка сумішшю Поліміксобактерин +

Trichoderma.

Оброблене насіння висаджено в ґрунт на фоні удобрення:

1. Контроль без внесення добрив.
2. $N_{160}P_{120}K_{160}$.
3. Гній 32 т/га + $N_{160}P_{120}K_{160}$.

Поліміксобактерин — препарат на основі бактерій *Penybacillus polymyxa*, які здатні до трансформації важкорозчинних неорганічних фосфатів та органофосфатів, а також до продукування речовин фітогормональної дії. Препарат на основі *Trichoderma harzianum* IA115 зданий до руйнування рослинних залишків та покращення структури ґрунту.

Аналіз мікробіоти ризосферних мікроорганізмів буряку проводили з використанням диференційно-діагностичних поживних середовищ для фосфатмобілізуючих бактерій методом серійних розведень ґрунтової суспензії. Підрахунок колоній та вивчення морфологічних і культуральних властивостей виділених ізолятів проводили загальноприйнятими мікробіологічними методами. Кількість мікроорганізмів виражали в колоній утворюючих одиницях (КЮ) на один грам абсолютно сухого ґрунту з урахуванням коефіцієнта вологості та розведення ґрунтової суспензії [7; 21].

Дослідження здатності мікроорганізмів до трансформації неорганічних важкорозчинних фосфатів проводили на агаризованому середовищі Піковської (г/л): глюкоза — 10,0; дріжджовий екстракт 0,5; NaCl — 0,2; $Ca_3(PO_4)_2$ — 5,0; $MgSO_4$ — 0,1; $NaNO_3$ — 0,5; $MnSO_4$ — сліди; $FeSO_4$ — сліди; агар-агар — 20,0.

Здатність мікроорганізмів до трансформації органічних фосфорорвмісних сполук визначали на агаризованому середовищі Менкіної (г/л): $(NH_4)_2SO_4$ — 0,5; NaCl — 0,34; KCl — 0,3; $MgSO_4 \times 7H_2O$ — 0,3; $FeSO_4$ — сліди; крейда ($CaCO_3$) — 5,0; глюкоза — 10,0; нуклеїнова кислота (або лецитин) — 5,0; фітинова кислота — 1; агар-агар — 20,0 [7].

Для обробки експериментальних даних використовували статистичний та кореляційний

методи математичної статистики із застосуванням програмних засобів Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Мікробіологічний аналіз ґрунту ризосфери буряку без бактеризації насіння свідчить, що розвиток мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні форми фосфатів, залежить від агрофону. Застосування як мінеральних, так і органо-мінеральних добрив стимулює розвиток досліджуваної групи мікроорганізмів (рис. 1).

Обробка насіння Поліміксобактерином збільшує чисельність бактерій, що мобілізують важкорозчинні мінеральні фосфати, у всіх варіантах дослідження включно із контролем без добрив. Треба відмітити, що на фоні внесення комплексних органо-мінеральних добрив (гній 32 т/га + $N_{160}P_{120}K_{160}$) та у варіанті без внесення добрив чисельність цих бактерій майже не відрізнялась. Найбільше сприяло розвитку бактерій, що мобілізують мінеральні фосфати, за такої обробки насіння, внесення мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$. Ймовірно, саме такий мінеральний фон у ґрунті є найбільш сприятливим для розвитку інтродукованих бактерій *Vacillus polymyxa*, що містить Поліміксобактерин.

Вирощування бактеризованого насіння Поліміксобактерином та Поліміксобактерин +

Trihoderma на різних агрофонах, мінеральному та органо-мінеральному, мають протилежний один до одного характер. Так, посів інокульованого насіння буряку в ґрунт із мінеральними добривами сприяє зростанню кількості бактерій, здатних розчиняти мінералофосфати. Вірогідно, у цьому випадку кількість бактерій зростає за рахунок розвитку інтродукованих мікроорганізмів, а також, можливо, це є наслідком дії інокуляції на розвиток рослин — інтенсифікацію фотосинтезу, і, як наслідок, забезпечення фотоасимілятами мікробного угруповання кореневої зони загалом. Причому використання для передпосівної бактеризації насіння Поліміксобактерин + *Trihoderma* у порівнянні з обробкою просто Поліміксобактерином є більш ефективним, сприяє зростанню чисельності бактерій на 64% на фоні $N_{160}P_{120}K_{160}$ та знижується на 14% на фоні внесення гною 32 т/га + $N_{160}P_{120}K_{160}$. Тобто найбільш ефективно використання комплексу Поліміксобактерин + *Trihoderma* (як і для Поліміксобактерину) можливе лише на фоні мінеральних добрив, які, ймовірно, є найбільш сприятливим для розвитку інтродукованих мікроорганізмів.

Якщо окремо розглядати розвиток бактерій, що мобілізують важкорозчинні мінеральні фосфати, на фоні мінеральних добрив, видно, що обробка насіння позитивно впливає на роз-

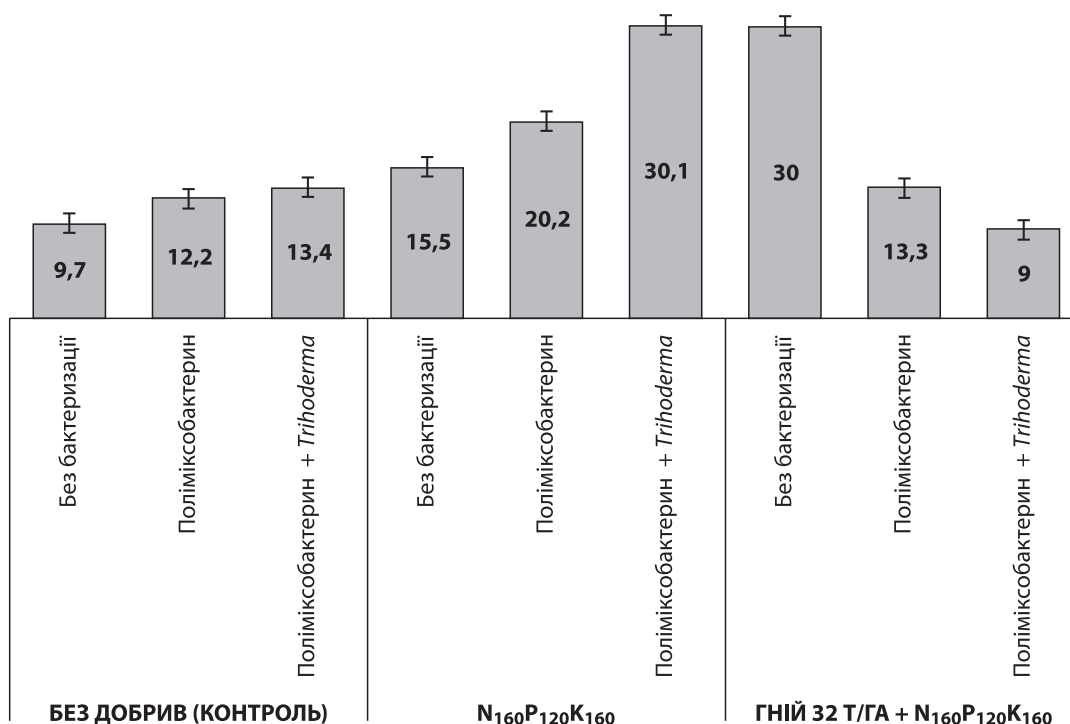


Рис. 1. Чисельність бактерій, що мобілізують важкорозчинні мінеральні фосфати, залежно від інокуляції та системи удобрення, млн/г ґрунту (середнє за 2019–2021 рр.)

Джерело: розроблено автором на основі власних досліджень.

виток цієї групи бактерій. Комплексна дія Поліміксобактерин + *Trichoderma* максимально стимулює їх розвиток завдяки синергічній дії триходерми з фосфатмобілізуючими бактеріями. *Trichoderma* здатна впливати на рН ґрунту, що є важливим фактором для покращення мобілізації мінеральних форм фосфору бактеріями. Також, можливо, це відбувається завдяки здатності цих мікроміцетів до покращення розчинності поживних речовин ґрунту та їх впливу на рослини у вигляді інтенсифікації поглинання ними поживних речовин, посилення розвитку коренів та утворення корневих волосків.

На фоні органо-мінеральних добрив кількість бактерій, що розчиняють мінеральні форми фосфатів, має високий показник лише за умов відсутності бактеризації насіння. Найімовірніше, це пов'язано із високим вмістом органіки, яка стимулює розвиток інших груп бактерій, які містять гній, та пригнічення ними інтродукованих мікроорганізмів.

Тобто оптимальним для розвитку мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні форми фосфатів у ризосфері рослин буряку, є застосування мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$. Додавання гною 32 т/га до мінеральних добрив за умов висіву бактеризованого насіння призводить до істотного зниження чисельності бактерій, що розчиняють мінералофосфати.

Результати обліку чисельності бактерій, які здатні до розчинення органічних форм фосфатів, свідчать про деякі відмінності від особливостей вищеописаної групи мікроорганізмів за впливу мінеральних та органо-мінеральних добрив (рис. 2). Так, аналіз отриманих даних засвідчив, що розвиток мікроорганізмів, які розчиняють органічні форми фосфатів у ризосфері не інокульованих рослин буряку, стимулює внесення мінеральних добрив та пригнічує додавання гною до мінерального фону. Передпосівна бактеризація насіння як Поліміксобактерином, так і Поліміксобактерин + *Trichoderma* сприяє зростанню в ризосферному ґрунті рослин буряку чисельності бактерій, що здатні до мобілізації органофосфатів. Але треба відмітити, що додавання мікроміцетів *Trichoderma* до Поліміксобактерину на всіх агрофонах демонструвало завжди кращий результат. Найімовірніше, це пов'язано із здатністю мікроміцетів роду *Trichoderma* до утворення внутрішньоклітинних поліфосфатних гранул, що вважається тимчасовою іммобілізацією фосфату за рахунок швидкого його вивільнення з клітин унаслідок їх загибелі. Тобто вони опосередковано залучені в процес фосфоритного осадження, роблячи реакційно здатний фосфат доступним для інших та створюючи і підтримуючи такі умови навколишнього се-

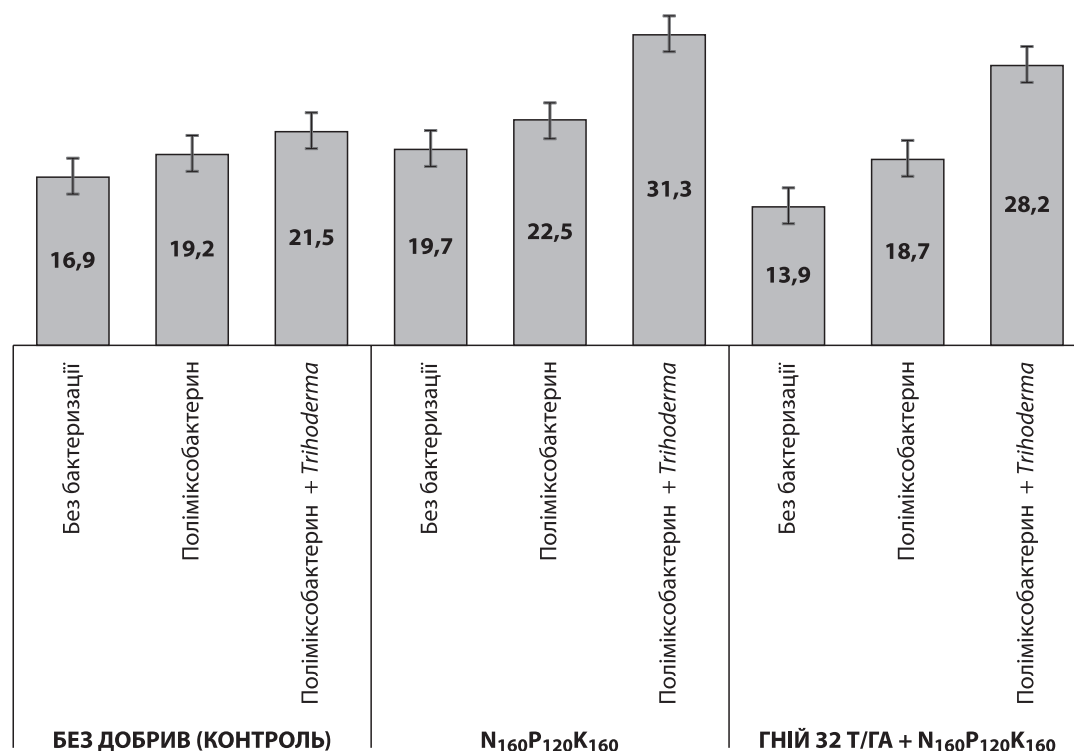


Рис. 2. Чисельність бактерій, що мобілізують органофосфати, залежно від інокуляції та системи удобрення, млн/г ґрунту (середнє за 2019–2021 рр.)

Джерело: розроблено автором на основі власних досліджень.

редовища, які сприяють мобілізації органофосфатів.

Так, внесення як мінеральних добрив, так і органо-мінеральних добрив при висіві бактеризованого насіння стимулює розвиток бактерій, які розчиняють органофосфати. Найбільш оптимальним для формування угруповання мікроорганізмів, що гідролізують органофосфати у ризосфері рослин буряку, є обробка насіння Поліміксобактерин + *Trihoderma* та внесення мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$. Ймовірно, мікроорганізми, які містять гній, виступають конкурентами для інтродукованих бактерій за поживні речовини і саме за рахунок цього їх кількість на органо-мінеральних добривах менша, ніж на мінеральних.

ВИСНОВКИ

Отже, оптимальним для формування угруповання мікроорганізмів, які мобілізують важкорозчинні мінеральні фосфати в ризосфері рослин буряку (без бактеризації насіння), є застосування $N_{160}P_{120}K_{160}$ із додаванням гною

32 т/га. Для формування угруповання мікроорганізмів, які мобілізують органофосфати, оптимальним є використання мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$.

Застосування мікробних препаратів здатне суттєво впливати на збільшення чисельності бактерій, які розчиняють органічні форми фосфатів у ризосфері рослин буряку, як на мінеральному, так і на органо-мінеральному фоні. Для розвитку мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні форми фосфатів у ризосфері бактеризованих рослин буряку, найбільш сприятливим є застосування мінеральних добрив.

Оптимальним для розвитку мікроорганізмів, які розчиняють мінеральні форми фосфатів у ризосфері рослин буряку, є обробка насіння Поліміксобактерин + *Trihoderma* і застосування мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$.

Найбільш оптимальним для формування угруповання мікроорганізмів, що гідролізують органофосфати у ризосфері рослин буряку, є обробка насіння Поліміксобактерин + *Trihoderma* та внесення мінеральних добрив $N_{160}P_{120}K_{160}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янський В.П., Власюк О.С., Грищук З.В., Трофимчук С.М. Продуктивність цукрових буряків під впливом інокуляції, макро- і мікроелементів та гербіцидів. *Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвид. темат. наук. збірник*. 2009. Вип. 9. С. 125–137.
2. Demyanyuk O.S., Mudrak O.V., Masloyid A.P., Mudrak G.V. Ecologically comparative effect of bacterial preparations on field germination of sugar beets. *Збалансоване природокористування*. 2020. No. 2. P. 66–72. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208810>
3. Патики В.П., Мельничук Т.М., Шерстобоев М.К. та ін. Біотехнологія ризосфери овочевих рослин: монографія / за наук. ред. В.П. Патики. Київ: Едельвейс і К, 2015. 264 с.
4. Маслоїд А.П., В.Д. Осадчук, В.З. Табачук Продуктивність цукрових буряків при обробці насіння бактеріальними добривами і вегетуючих рослин регулятором росту. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН*. 2005. Вип. 8. С. 477–480. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2005_8_70 (дата звернення: 28.09.2021).
5. Глазко В.И. Генетически модифицированные организмы: от бактерий до человека / Подред. Н.В. Поика. Киев: КВІЦ, 2002. 209 с.
6. Maćik M., Gryta A., Frać M. Biofertilizers in agriculture: An overview on concept, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy*. 2020. Vol. 162. P. 31–87.
7. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / За наук. редакцією В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
8. Kumar A. Phosphate solubilizing bacteria in agriculture biotechnology: diversity, mechanism and their role in plant growth and crop yield. *International Journal of Advanced Research*. 2016. Vol. 4, Issue 4. P. 116–124. DOI: <https://doi.org/10.21474/IJAR01/111>
9. Shrivastava M., Srivastava P.C., D'Souza S.F. Phosphate-Solubilizing Microbes: Diversity and Phosphates Solubilization Mechanism. *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*. 2018. P. 137–165. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0044-8_5
10. Bi Q.-F., Li K.-J., Zheng B.-X., Liu X.-P., Li H.-Z. Partial replacement of inorganic phosphorus (P) by organic manure reshapes phosphate mobilizing bacterial community and promotes P bioavailability in a paddy soil. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 703. P. 134977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134977>
11. Samaddar S., Chatterjee P., Truu J., Anandham R., Kim S., SaT. Long-term phosphorus limitation changes the bacterial community structure and functioning in paddy soils. *Applied Soil Ecology*. 2019. Vol. 134. P. 111–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.016>
12. Kalayu G. Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approaches Biofertilizers. *International Journal of Agronomy*. 2019. Article ID 4917256, P. 7. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>
13. Курдиш І.К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвид. темат. наук. збірник*. 2009. Вип. 9. С. 7–32.
14. Goldstein A.H., Krishnaraj P.U. Phosphate solubilizing microorganisms vs. Phosphate mobilizing microorganisms: What separates a phenotype from a trait?. First International Meeting on Microbial Phos-

- phate Solubilization. *Developments in Plant and Soil Sciences*. 2007. Vol. 102. P. 203–213. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5765-6_31
15. Kudoyarova G.R., Vysotskaya L.B., Arkhipova T.N. et al. Effect of auxin producing and phosphate solubilizing bacteria on mobility of soil phosphorus, growth rate, and P acquisition by wheat plants. *Acta Physiol Plant*. 2017. Vol. 39. P. 253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2556-9>
 16. Токмакова Л.М., Шевченко Л.А., Ларченко І.В., Лепеха О.П. Чисельність фосфатмобілізівних бактерій у чорноземі вилуженому та трансформація фосфору в кореневій зоні рослин кукурудзи за впливу поліміксобактерину. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. Вип. 28. С. 53–62. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.28.53-62>
 17. Arkhipova T., Galimsyanova N., Kuzmina L., Vysotskaya L., Sidorova L., Gabbasova I., Melentiev A., Kudoyarova G. Effect of seed bacterization with plant growth-promoting bacteria on wheat productivity and phosphorus mobility in the rhizosphere. *Plant, Soil and Environment*. 2019. Vol. 65, (6). P. 313–319. DOI: <https://doi.org/10.17221/752/2018-PSE>
 18. Літвінова В.В., Лаврентьева К.В., Скляр Т.В. Роль ґрунтової мікрофлори у процесах мобілізації фосфору з його малорозчинних сполук. *Вісник проблем біології і медицини*. 2018. №1 (142). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-gruntovoyi-mikroflori-u-protsesah-mobilizatsiyi-fosforu-z-yogo-malorozchinnih-spoluk> (дата звернення: 28.09.2021).
 19. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1–5. [Чинний від 2006-04-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006.
 20. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004.
 21. Гудзь С.П., Гнатуш С.О., Яворська Г.В., Білінська І.С., Борсукевич Б.М. Практикум з мікробіології: підручник. Львів: ЛНУ ім. Франка, 2014. 436 с.
 22. Ковпак П.В., Токмакова Л.М., Ларченко І.В., Трепач А.О. Чисельність фосфатмобілізувальних бактерій у кореневій зоні рослин пшениці за дії поліміксобактерину та мінеральних добрив. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. № 17. С. 101–110. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.17.101-110>
 23. Дмитрук Ю.М., Собко В.І. Вміст та перерозподіл фосфору в ґрунтах агроєкологічних систем західного лісостепу. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 2. С. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157571>
 24. Мусич Е.Г., Дульнев П.Г., Ландин В.П. Роль мікроорганізмів в извлечении фосфора из агрохимического сырья. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 1. С. 144–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161582>

INFLUENCE OF FERTILIZATION AND PRE-SEEDING INOCULATION SYSTEMS ON PHOSPHATE-MOBILIZING BACTERIA OF SUGAR BEETS RHIZOSPHERE

Masloyid A.

Postgraduate student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

(Kyiv, Ukraine) e-mail: masloid2017@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6189-4579>

This article presents the results of research the influence of fertilizer systems and seeds inoculation on phosphate-mobilizing bacteria in sugar beet rhizosphere. For seeds bacterization was applied the Polymyxobacterin (contains spores and cells of Paenibacillus polymyxa, which can transform insoluble inorganic phosphates and organophosphates and to produce the phytohormonal substances) and mixture of the Polymyxobacterin with Trichoderma (Trichoderma). Microbiological analysis of rhizosphere soil of non-inoculated sugar beet plants was shown that the distribution of phosphate solubilizing microorganisms depends on the agricultural conditions. The using of both mineral and organo-mineral fertilizers stimulates the development of studied microorganisms. For increasing in rhizosphere of non-inoculated sugar beet plants a quantity of microorganisms that soluble mineral phosphates the use of mineral fertilizers (N₁₆₀P₁₂₀K₁₆₀) with the addition of 32 t/ha manure is optimal. The application only mineral fertilizers to increase the number of microorganisms which capable to transform organic phosphorus compounds. In all trials including control without fertilizers, seed treatment by Polymyxobacterin increases the number of bacteria that soluble mineral phosphates. The most optimal conditions for the development of microorganisms that solubilize mineral and organic phosphorus compounds are the treatment of sugar beet seeds by mixture of Polymyxobacterin and Trichoderma and application of mineral fertilizers. Therefore, the obtained results indicate about significant impact of fertilizer types and seed treatment by microorganisms on the amount and composition of phosphate-mobilizing bacteria in the rhizosphere of sugar beet plants.

Keywords: phosphate mobilization, organic fertilizers, mineral fertilizers, industrial crops.

REFERENCES

1. Derevyansky, V.P., Vlasyuk, O.S., Grishchuk, Z.V., Trofimchuk, S.M. (2009). Produktivnist teukrovich burjakiv pid vplivom inokuljatsii, makro- I mikroelementiv ta gerbetsidiv [Productivity of sugar beets

- under the influence of inoculation, macro- and microelements and herbicides]. *Silskogospodarska mikrobiologija. Mizhvidomchyi Tematychnyj Naukovyj Zbirnyk — Agricultural Microbiology: Interdepartmental thematic Scientific Collection*, 9, 125–137 [in Ukrainian].
2. Demyanyuk, O.S., Mudrak, O.V., Masloyid, A.P., Mudrak, G.V. (2020). Ecologically comparative effect of bacterial preparations on field germination of sugar beets. *Zbalansovsne pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 66–72. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208810> [in English].
 3. Patika, V.P., Melnichuk, T.M., Sherstoboev, M.K. etc. (2015). *Biotechnologia ryzosfery ovochevych roslyn: monohrafiia. [Biotechnology of the rhizosphere of vegetable plants: monograph]*. Kyiv: Edelweis i K [in Ukrainian].
 4. Masloyid, A., Osadchuk, V., Tabachuk, V. (2005). Produktyvnist tsukrovich burjakiv pry obrobcі nasinja bacterialnymy dobryvamy i vegetujethich roslyn regulatorom rostu [Productivity of sugar beet with treatment of seeds with bacterial formulations and that of vegetative plants with a plant growth regulator]. *Zbirnyk naukovych prats Instytutu tsukrovych burjakiv UAAN — Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beets UAAS*, 8, 477–480 [in Ukrainian].
 5. Glazko, V.I. (2002). *Geneticheski modoifitirovanie organizmy: ot bakterii do cheloveka [Genetically modified organisms: from bacteria to humans]*. Kyiv: KVIC [in Russian].
 6. Maćik, M., Gryta, A., Frać, M. (2020). Biofertilizers in agriculture: An overview on concept, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy*, 162, 31–87 [in English].
 7. Volkogon, V.V., Nadkernichna, O.V., Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperimentalna gruntova mikrobiologija: monohrafiia [Experimental soil microbiology: monograph]*. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
 8. Kumar, A. (2016). Phosphate solubilizing bacteria in agriculture biotechnology: diversity, mechanism and their role in plant growth and crop yield. *International Journal of Advanced Research*, 4, (4), 116–124. DOI: <https://doi.org/10.21474/IJAR01/111> [in English].
 9. Shrivastava, M., Srivastava, P.C., D'Souza, S.F. (2018). Phosphate-Solubilizing Microbes: Diversity and Phosphates Solubilization Mechanism. *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*. 137–165. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0044-8_5 [in English].
 10. Bi, Q.-F., Li, K.-J., Zheng, B.-X., Liu, X.-P., Li, H.-Z. (2020). Partial replacement of inorganic phosphorus (P) by organic manure reshapes phosphate mobilizing bacterial community and promotes P bioavailability in a paddy soil. *Science of The Total Environment*, 703, 134977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134977> [in English].
 11. Samaddar, S., Chatterjee, P., Truu, J., Anandham, R., Kim, S., SaT. (2019). Long-term phosphorus limitation changes the bacterial community structure and functioning in paddy soils. *Applied Soil Ecology*, 134, 111–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.016> [in English].
 12. Kalayu, G. (2019). Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approaches Biofertilizers. *International Journal of Agronomy*. Article ID 4917256, 7. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4917256> [in English].
 13. Kurdish, I.K. (2009). Rol mikroorganizmiv u vidtvorenni rodjuchosti gruntiv [The role of microorganisms in the reproduction of soil fertility]. *Silskogospodarska mikrobiologija: migvidomchyj Tematychnyj Naukovyj Zbirnyk — Agricultural microbiology: interdepartmental thematic Scientific. Collection*, 9, 7–32 [in Ukrainian].
 14. Goldstein, A.H., Krishnaraj, P.U. (2007). Phosphate solubilizing microorganisms vs. Phosphate mobilizing microorganisms: What separates a phenotype from a trait?. First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. *Developments in Plant and Soil Sciences*, 102, 203–213. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5765-6_31 [in English].
 15. Kudoyarova, G.R., Vysotskaya, L.B., Arkhipova, T.N. et al. (2017). Effect of auxin producing and phosphate solubilizing bacteria on mobility of soil phosphorus, growthrate, and P acquisition by wheat plants. *Acta Physiol Plant*, 39, 253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2556-9> [in English].
 16. Tokmakova, L.M., Shevchenko, L.A., Larchenko, I.V., Lepekha, O.P. (2018). Chiselnist fosfatmobilizivnych bakterij u chornozemi vyluzgenomu ta transformatzija fosforu v koronevij zoni roslyn kukurudzy za vplyvom polimiksobacterinu [The number of phosphate-mobilizing bacteria in leached chernozem and the transformation of phosphorus in the root zone of maize plants under the influence of polymyxobacterin]. *Silskogospodarska mikrobiologija — Agricultural microbiology*, 28, 53–62. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.28.53-62> [in Ukrainian].
 17. Arkhipova, T., Galimsyanova, N., Kuzmina, L., Vysotskaya, L., Sidorova, L., Gabbasova, I., Melentiev, A., Kudoyarova, G. (2019). Effect of seed bacterization with plant growth-promoting bacteria on wheat productivity and phosphorus mobility in the rhizosphere. *Plant, Soil and Environment*, 65, (6), 313–319. DOI: <https://doi.org/10.17221/752/2018-PSE> [in English].
 18. Litvinova, V.V., Lavrentieva, K.V., Sklyar, T.V. (2018). Rol gruntovoi mikroflory u procesach mobilizacii fosforu z yogo malorozchinnnych spoluk [The role of soil microflora in the processes of mobilization of phosphorus from its insoluble compounds]. *Visnyk problem biologii i medycyny — Bulletin of problems of biology and medicine*, 1 (142) [in Ukrainian].
 19. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyny 1–5. [Soil quality. Sampling. Parts 1–5]. (2006). *DSTU ISO 10381-1:2004 from 01st April 2006*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 20. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling]. (2004). *DSTU 4287: 2004 from 01st Juli 2005*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 21. Gudz, S.P., Gnatush, S.O., Yavorskaya, G.V., Bilinskaya, I.S., Borsukevich, B.M. (2014). *Praktykum z mikrobiologii: pidruchnyk [Workshop on microbiology: textbook]*. Lviv: LNU im. Franka [in Ukrainian].

22. Kovpak, P.V., Tokmakova, L.M., Larchenko, I.V., Trepach, A.O. (2013). Chiselnist fosfatmobilizovalnykh bakterij u korevevij zoni Roslyn pshenytcі za дії polimixobacterynu ta mineralnykh dobryv [The number of phosphate-mobilizing bacteria in the root zone of wheat plants under the action of polymyxobacterin and mineral fertilizers]. *Silskogospodarska mikrobiologija — Agricultural microbiology*, 17, 101–110. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.17.101-110> [in Ukrainian].
23. Dmitruk, Yu.M., Sobko, V.I. (2018). Vmist ta pererospodil fosforu v gruntach agroekosystemy zachidnogo lisostepu [Phosphorus content and redistribution in the soils of the western forest-steppe agroecosystem]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 38–44. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157571> [in Ukrainian].
24. Musich, E.G., Dulnev, P.G., Landin, V.P. (2018). Rol mikroorganizmov v izvlechtenii fosfora iz agrochimicheskogo syrja [The role of microorganisms in the extraction of phosphorus from agrochemical raw materials]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 144–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161582> [in Russian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Маслоїд Анатолій Петрович, аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: masloid2017@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6189-4579>)

НОВИНИ

НОВИНИ

НОВИНИ • НОВИНИ • НОВИНИ

У Вінниці для підсилення рівня озеленення громадських просторів висадили понад 300 дерев. Саджанці висаджують як після проведення реконструкції території, так і для підсилення вже існуючого озеленення. У Вінниці озеленення проводять у відповідності до обов'язкових вимог вуличної посадки дерев та чагарників на території Вінницької міської територіальної громади. Зазначається, що молоді дерева висадили уздовж магістральних вулиць, які зазнали комплексної реконструкції, у скверах і біля лікарень. Також на Замковій горі — одному зі знакових місць Вінниці, де цьогоріч встановили п'ятдесяти метровий флагшток із державним прапором. У громадських просторах висадили дерева листяних порід, які добре приживаються у помірному кліматі — різні види кленів, липи, горобину, а також сакури та катальпи. Здебільшого це дерева більш добре сформованою кореневою системою, які приживаються на місці посадки з вірогідністю 95%.