

УДК 579.64/631.427

## ДІЯ ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ БАКТЕРІЙ *AGROBACTERIUM RADIOBACTER* НА АКТИВНІСТЬ ФОСФАТАЗИ У РИЗОСФЕРІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Л. М. Токмакова, А. О. Трепач, І. В. Ларченко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: tokmakova\_ln@ukr.net

*В умовах польового дослідження на чорноземі вилуженому досліджено фосфатазну активність ризосферного ґрунту рослин пшениці озимої сорту Поліська 90 за дії фосфатмобілізувальних бактерій Agrobacterium radiobacter. Встановлено, що бактеризація насіння пшениці озимої A. radiobacter сприяє підвищенню фосфатазної активності ризосферного ґрунту, внаслідок чого, вірогідно, активізується процес мінералізації органічних сполук фосфору у ґрунті та покращується фосфорне живлення рослин.*

Ключові слова: *активність фосфатази, пшениця озима, Agrobacterium radiobacter, фосфатмобілізувальні бактерії, чорнозем вилужений.*

До важливих показників родючості ґрунту належить його біологічна активність, яка визначає ступінь гуміфікації рослинних решток та мобілізаційну здатність ґрунтів, а отже, і забезпеченість рослин доступними елементами живлення [1]. Показниками біологічної активності ґрунту можуть слугувати кількісні характеристики чисельності мікроорганізмів, активність основних процесів колобігу елементів живлення, ферментативна активність ґрунтів [2].

Відомо, що трансформація органічної речовини, мобілізація елементів живлення в ґрунтах здійснюється за допомогою ферментів, щойно виділених живими організмами або тих, що знаходяться у ґрунті в адсорбованому стані. Всі біологічні процеси, пов'язані з перетворенням речовин та енергії у ґрунті, здійснюються за допомогою ферментів, які обумовлюють інтенсивність та спрямованість найважливіших біохімічних процесів, пов'язаних із синтезом та розкладом гумусу, гідролізом органічних сполук та окисно-відновним режимом ґрунту. Ферменти відіграють надзвичайно важливу роль у функціонуванні ґрунтових екосистем. Завдяки біокаталітичним процесам, ґрунти здійснюють гумусово-енергетичні, трофічні, санітарно-відновлювальні та інші найважливіші біогеоценологічні функції. Активність ґрун-

тових ферментів може виступати діагностичним показником родючості ґрунту [3], чутливим індикатором для оцінки рівня деградації ґрунту у природних екосистемах [4].

Вважається, що ферментативний пул ґрунту складають переважно ферменти мікробного походження [3]. Ферментативний потенціал ґрунтів залежить від життєдіяльності ґрунтової біоти, складу угруповань мікроорганізмів, тому будь-які зміни мікробіоценозу відображаються на ферментативній активності [5].

Важливу роль у забезпеченні рослин елементами мінерального живлення відіграє фосфатаза — фермент, який відповідає за мінералізацію органічного фосфору. Субстратами ґрунтових фосфатаз є специфічні гумусові речовини, що містять фосфор, а також неспецифічні сполуки — нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди, фосфопротейни, які надходять до ґрунту з рослинними рештками [6]. Рівні фосфатазної активності відображають потенційну інтенсивність та спрямованість процесів біохімічної мобілізації фосфору в ґрунті і є важливими характеристиками його родючості, що підтверджується кореляційними зв'язками між активністю фосфатази і родючістю ґрунту [7]. Теоретично, підвищення фосфатазної активності ґрунту і пришвидшення мінералізації орга-

нічних фосфатів при вирощуванні сільськогосподарських культур може забезпечити інтродукція до агроценозів активних штамів фосфатмобілізувальних бактерій.

У зв'язку з цим метою нашої роботи було вивчення активності фосфатази у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої за дії фосфатмобілізувальних бактерій *Agrobacterium radiobacter* (синонім *Rhizobium radiobacter*).

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили протягом 2007–2010 рр. у польовому досліді Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на чорноземі вилуженому, який містить 2,12 % гумусу, 95,2 мг/кг азоту легкогідролізованого, 226 мг/кг фосфору, 108 мг/кг обмінного калію,  $pH_{\text{сол.}}$  5,30.

Схема польового досліді з пшеницею озимою сорту Поліська 90:

1. Без бактеризації (контроль).
2.  $P_{30}$  (суперфосфат).
3. *Paenibacillus polymyxa* KB.
4. *Agrobacterium radiobacter* 1333.
5. *A. radiobacter* 5005.
6. *A. radiobacter* 5006.
7. *A. radiobacter* 5718.

Як позитивний контроль використовували фосфатмобілізувальну бактерію *Paenibacillus polymyxa* KB — біоагент мікробного препарату Поліміксобактерину, який рекомендовано до застосування у технологіях вирощування пшениці озимої.

Польові досліді проводили за Б. Е. Доспеховим. Площа облікових ділянок у досліді становила 10 м<sup>2</sup>, повторність чотирикратна. Бактеризацію проводили шляхом обробки насіння суспензією досліджуваних штамів бактерій із розрахунку 0,5 млн. клітин на насінину. Суперфосфат вносили у рядки під час посіву у нормі 30 кг/га д. р.

Зразки ризосферного ґрунту для аналізу відбирали у фази куціння, трубкування, цвітіння та молочно-воскової стиглості зерна пшениці озимої. Загальну активність фосфатази у ризосферному ґрунті рослин визначали за методом І. Т. Геллер і К. Е. Гінзбург [8].

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за використання стандартних комп'ютерних програми Statistica 6.0, Microsoft Office Excel 2003–2007.

**Результати та обговорення.** Аналіз експериментальних даних свідчить, що у поча-

ткові фази розвитку рослин пшениці озимої активність фосфатази у ризосферному ґрунті невисока, що може бути пов'язано зі слабким розвитком кореневої системи рослин та ризосферних фосфатмобілізувальних мікроорганізмів — продуцентів ферменту. Фосфатазна активність ризосферного ґрунту динамічна протягом вегетаційного періоду та сягає найвищих значень у фазу цвітіння пшениці озимої, оскільки саме до цього періоду рослини проходять фази найбільш активного росту і розвитку та поглинають найбільшу кількість фосфору з ґрунту кореневої зони. Це підтверджується літературними даними [9]. У фазу молочно-воскової стиглості зерна пшениці озимої фосфатазна активність у кореневій зоні значно знижується внаслідок уповільнення активного споживання фосфору рослинами та поступового накопичення його рухомих форм у ґрунті.

Протягом трьох років досліджень виявлено суттєве підвищення активності фосфатази у ризосфері рослин за інокуляції окремими штамми бактерій *A. radiobacter*. Так, дослідженнями 2008 р. встановлено, що у фазу трубкування цей показник коливався у межах від 1,25  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину у контролі до 1,89  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину за бактеризації *A. radiobacter* 5006 та у фазу цвітіння — від 1,73  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину до 2,03  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину у тих самих варіантах відповідно (рис. 1). За використання інших досліджуваних штамів бактерій *A. radiobacter* спостерігали незначне підвищення фосфатазної активності у кореневій зоні рослин, окрім варіантів з бактеризацією *A. radiobacter* 5005 та *A. radiobacter* 5718.

Результати досліджень 2009 р. також показують, що за дії бактеризації загальна фосфатазна активність ризосферного ґрунту рослин підвищується, причому всі досліджувані штами сприяли зростанню цього показника порівняно з контролем (рис. 2). Найбільшу різницю між контрольним та дослідними варіантами відмічено у фазу цвітіння — від 1,99  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину (у контролі) до 2,91  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину (за дії *A. radiobacter* 1333 та *A. radiobacter* 5006).

У дослідженнях 2010 р. підтверджено отримані раніше результати (рис. 3). Найвищі показники фосфатазної активності спо-

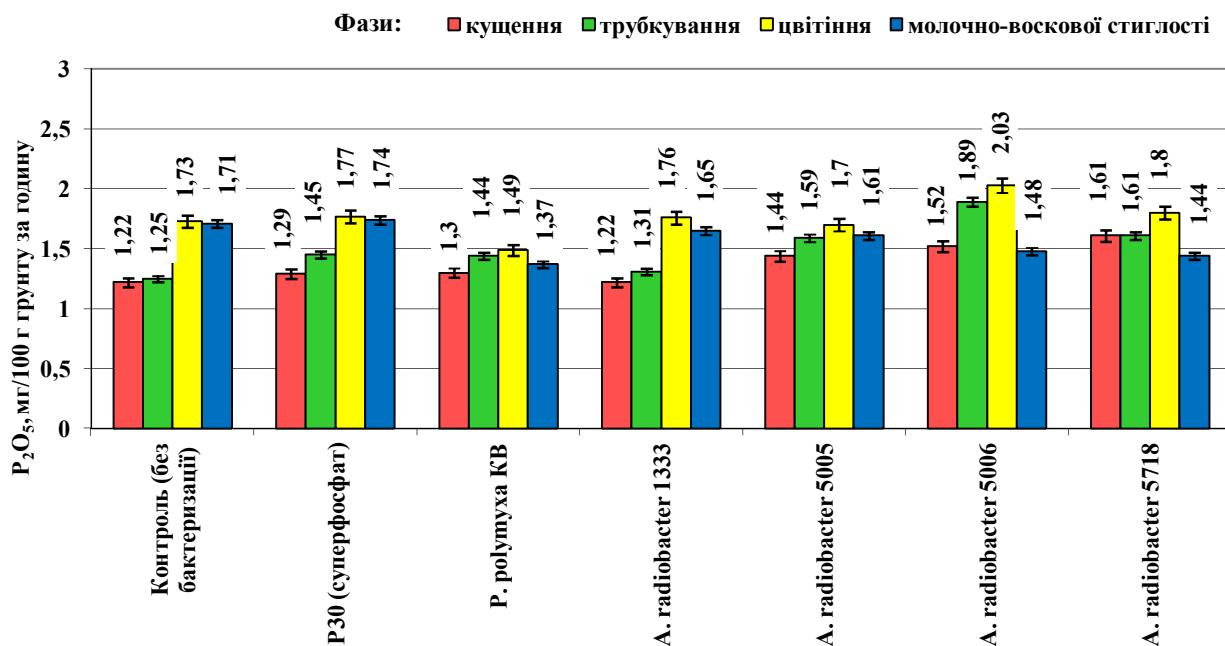


Рис. 1. Загальна фосфатазна активність ризосферного ґрунту рослин пшениці озимої за впливу бактеризації, 2008 р.

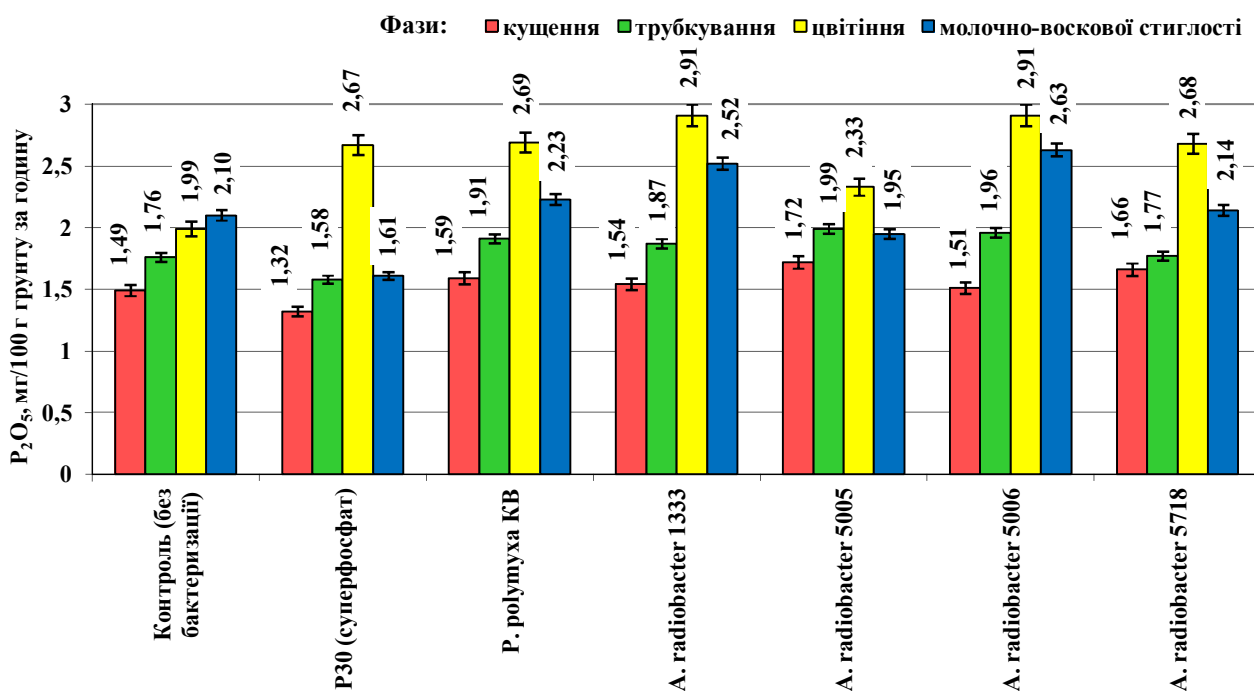


Рис. 2. Загальна фосфатазна активність ризосферного ґрунту рослин пшениці озимої за впливу бактеризації, 2009 р.

стерігали у фазу цвітіння у варіанті з бактеризацією *A. radiobacter* 5006 — 1,70  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину порівняно з контрольним показником на рівні 1,58  $P_2O_5$ , мг / 100 г ґрунту за годину.

За внесення у рядки суперфосфату у нормі  $P_{30}$  фосфатазна активність ризосферного ґрунту рослин не перевищувала показник контрольного варіанту, що логічно, оскільки

фосфатази належать до адаптивних ферментів, які продукуються клітинами за виникнення потреби в них, тобто коли у ґрунті спостерігається дефіцит легкозасвоюваного фосфору [10].

Узагальнюючи, слід відзначити, що фосфатазна активність у кореневій зоні рослин пшениці озимої суттєво підвищувалася за бактеризації насіння *A. radiobacter* 5006 та в

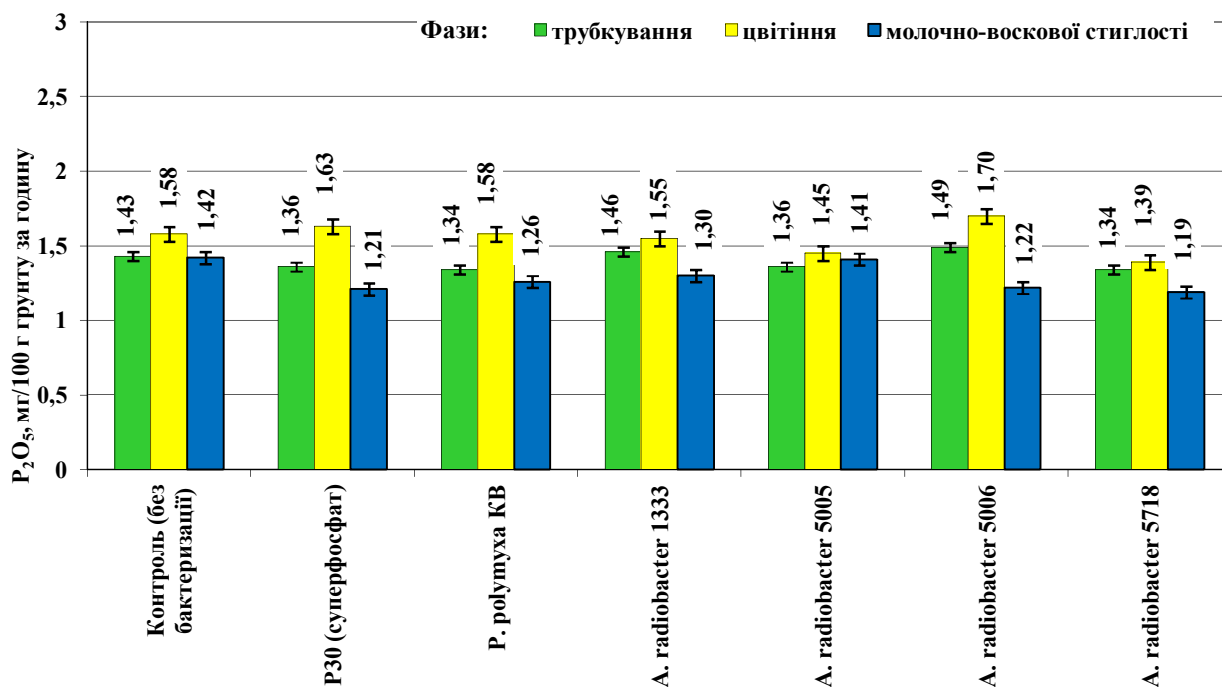


Рис. 3. Загальна фосфатазна активність ризосферного ґрунту рослин пшениці озимої за впливу бактеризації, 2010 р.

окремих випадках — за дії інших досліджуваних штамів бактерій. Це може пояснюватися прямою чи опосередкованою (через інокульовані рослини) дією на чисельність у ризосферному ґрунті угруповання бактерій, здатних розчиняти орґанофосфати, а також властивістю власне бактерій *A. radiobacter* бути активними продуцентами фосфатаз, що відомо з літературних джерел [11]. Оскільки ризосферний ґрунт рослин швидко збіднюється на легкозасвоювані поживні речовини через значний градієнт концентрації, накопичення в ньому вільного неорґанічного фосфату не відбувається [12], що сприяє синтезу мікроорґанізмами фосфатаз.

Таким чином, бактеризація насіння пшениці озимої фосфатмобілізувальними бактеріями *A. radiobacter* сприяє підвищенню фосфатазної активності ризосферного ґрунту, внаслідок чого, вірогідно, активізується процес мінералізації орґанічних сполук фосфору у ґрунті та покращується фосфорне живлення рослин.

1. Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв / [отв. ред. Г. В. Добровольский]. — М. : Наука, 1976. — 360 с.

2. Казеев К. Ш. Биологическая диагностика почв. Биохимические методы : методические рекомендации для научно-исследовательской работы студентов / К. Ш. Казеев, С. И. Колесни-

ков. — Ростов-на-Дону, 1997. — 23 с.

3. Микробные метаболиты (физиологически активные вещества микробного происхождения в природе и народном хозяйстве) / [под ред. Д. Г. Звягинцева]. — М. : Издательство Московского университета, 1979. — 223 с.

4. Soil enzyme activities as affected by anthropogenic terations: intensive agricultural practices and organic pollution / [L. Gianfreda, M. Raoa, A. Piotrowska et al.] // Science of the Total Environment. — 2005. — № 341. — С. 265–279.

5. Wyszowska J. The influence of dieseloil contamination on soil enzymes activity / J. Wyszowska, J. Kucharski, E. Wałdowska // Rostlinná Výroba. — 2002. — № 48. — С. 58–62.

6. Хазиев Ф. Х. Системный экологический анализ ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев. — М. : Наука, 1982. — 202 с.

7. Dick W. A. Potential uses of soil enzymes / W. A. Dick, M. A. Tabatai // Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management / Metting F.B. Jr. (ed.). — New York : Marcel Dekker, 1992. — P. 95–127.

8. Геллер И. Т. Определение фосфатазной активности различных типов почв / И. Т. Геллер, К. Е. Гинзбурга // Почвоведение. — 1979. — № 1. — С. 97–105.

9. Агрохимия / [под ред. Смирнова П. М., Муравина Э. А.] — М. : Колос, 1984. — 304 с.

10. Дубовенко Е. К. Фосфатазная и нуклеазная активность некоторых почвенных микроорганизмов / Е. К. Дубовенко // Микробиологические и биохимические исследования почв : мат.

научн. конф. (Киев, 28–31 окт. 1969 г.) / Всесоюз. Акад. с.-х. наук, Мин-во с.-х. УССР, Украинск. отд. Всесоюз. микробиол. об-ва, УНИИЗ. — К., 1971. — С. 151–155.

11. Павлова В. Ф. Влияние *Agrobacterium radiobacter* на фосфорное питание растений / В. Ф. Павлова, О. И. Горская // Бюллетень

ВНИИСХМ. — 1987. — № 47. — С. 26–28.

12. Волкогон В. В. Рухомість фосфатів у кореневій зоні пшениці озимої за дії бактерій *Rhizobium radiobacter* / В. В. Волкогон, Л. М. Токмакова, А. О. Трепач // Вісник аграрної науки. — 2012. — № 3 — С. 13–16.

### **ДЕЙСТВИЕ ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ *AGROBACTERIUM RADIOBACTER* НА АКТИВНОСТЬ ФОСФАТАЗЫ В РИЗОСФЕРЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ**

**Л. Н. Токмакова, А. А. Трепач,  
И. В. Ларченко**

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

*В условиях полевого опыта на чернозёме выщелоченном изучена фосфатазная активность ризосферной почвы растений пшеницы озимой сорта Полесская 90 под действием фосфатмобилизирующих бактерий *Agrobacterium radiobacter*. Установлено, что бактеризация семян пшеницы *A. radiobacter* способствует повышению фосфатазной активности ризосферной почвы, вследствие чего, вероятно, активизируется процесс минерализации органических соединений фосфора в почве и улучшается фосфорное питание растений.*

Ключевые слова: *активность фосфатазы, пшеница озимая, *Agrobacterium radiobacter*, фосфатмобилизирующие бактерии, чернозём выщелоченный.*

### **ACTION OF PHOSPHATE-MOBILIZING BACTERIA *AGROBACTERIUM RADIOBACTER* ON THE PHOSPHATASE ACTIVITY IN THE RHIZOSPHERE SOIL OF WINTER WHEAT PLANTS**

**L. M. Tokmakova, A. O. Trepach,  
I. V. Larchenko**

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

*Phosphatase activity in rhizosphere soil of winter wheat plants variety Poliska 90 under the action of phosphate-mobilizing bacteria *Agrobacterium radiobacter* has been investigated in a field experiment on leached chernozem. It was found, that bacterization of seeds of winter wheat with *A. radiobacter* contributes to improved phosphatase activity in rhizosphere soil that probably promotes activation of mineralization process of organic phosphorus compounds in the soil and improves phosphorus nutrition of plants.*

Key words: *phosphatase activity, winter wheat, *Agrobacterium radiobacter*, phosphate-mobilizing bacteria, leached chernozem.*

Отримано 16.10.2017