

УДК 631.461:631.484  
© 2014

*Л.О. Чайковська,*  
доктор сільсько-  
господарських наук

*М.І. Баранська,*  
кандидат сільсько-  
господарських наук

*О.Л. Овсієнко*

*Інститут сільського  
господарства Криму НААН*

*Н.О. Сологуб*

*Республіканський  
комітет природи Криму*

## **БАКТЕРИЗАЦІЯ ЯК ЧИННИК ОПТИМІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТУ В РИЗОСФЕРІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**

*Досліджено вплив фосфоентерину на динаміку чисельності бактерій, що утилізують сполуки азоту і фосфору, та активність ферменту каталази в чорноземі південному за умов польового досліджу. Показано, що передпосівна бактеризація насіння сприяє збільшенню кількості бактерій і каталазної активності в ризосфері пшениці під час забруднення ґрунту важкими металами (Cr, Cu, Pb).*

**Ключові слова:** *фосфоентерин, ризосфера, важкі метали, чисельність мікроорганізмів, каталаза.*

Зростання антропогенного навантаження на довкілля спричиняє дедалі більший негативний вплив на різноманітні біологічні об'єкти. Одними з найпоширеніших забруднювачів є важкі метали (ВМ), які завдають значної шкоди природному середовищу. Зокрема, майже 20% ґрунтів сільськогосподарських угідь України забруднені ними певною мірою [1]. Потрапляючи в трофічні ланцюги, ВМ можуть значно змінювати інтенсивність метаболічних процесів рослин, що знижує їх продуктивність та якість урожаю. Крім того, у ґрунтах, забруднених ВМ, порушується інтенсивність біологічних процесів і зменшується кількість корисних мікроорганізмів, що також негативно впливає на культурні рослини [6]. Симбіотрофні мікроорганізми є посередниками між едафічними умовами (зокрема токсичністю ВМ) та рослинами і сприяють значному підвищенню стійкості макросимбіоту до стресу [2]. Використання біопрепаратів на основі корисних штамів мікроорганізмів — це важливий аспект біологізації сучасного землеробства. Науковцями України створено ряд ефективних мікробних препаратів, які з успіхом застосовують у технологіях вирощування сільськогосподарських культур у різних агрокліматичних зонах [3, 8].

**Мета досліджень** — визначити вплив передпосівної бактеризації насіння на показники біологічної активності ґрунту: динаміку чисельності еколого-трофічних груп бактерій та ферментативну активність (на прикладі каталази) у ризосфері пшениці озимої за впливу ВМ в умовах модельних польових дослідів.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові експерименти здійснено на дослідному полі Кримського агропромислового коледжу (АР Крим, Сімферопольський р-н); ґрунт дослідної ділянки — чорнозем південний карбонатний; сільськогосподарська культура — пшениця озима. Агрохімічна характеристика ґрунту: уміст гумусу — 2,5%; рухомих форм азоту та фосфору — 5,3 і 2,6 мг/100 г ґрунту відповідно; рН водної витяжки — 7,0–7,2. Площа посівної ділянки — 10 м<sup>2</sup>, облікової — 5 м<sup>2</sup>; повторність — 4-разова. Суміш солей ВМ (Cr, Cu, Pb) вносили в ґрунт рано навесні у вигляді водних розчинів з розрахунку 5, 10 та 20 ГДК (гранично допустимих концентрацій), контроль — без унесення ВМ. Чисельність еколого-трофічних груп бактерій: фосформобілізувальних та бактерій, що утилізують азот мінеральних сполук, визначали згідно з методиками [5, 9]. Активність каталази в ґрунті досліджували газометричним методом [7]. Для передпосівної бактеризації насіння використано біопрепарат фосфоентерин [4].

**Результати досліджень.** Виявлено, що на фоні високих доз ВМ (20 ГДК) чисельність бактерій, що трансформують важкорозчинні фосфати, зменшилася у фазах куцїння і трубкування рослин в 2–3,5 раза порівняно з контролем (табл.1). У фазі молочно-воскової стиглості зерна пшениці кількість колонієутворювальних одиниць (КУО) бактерій, які розчиняють мінеральні фосфати, у ризосфері зростає на всіх рівнях забруднення ґрунту ВМ і досягає значень контролю. Лише угруповання бактерій, які

**1. Динаміка чисельності бактерій, що трансформують сполуки фосфору, в ризосфері пшениці озимої (середнє за 2010–2012 рр.), млн КУО/г сухого ґрунту**

Варіант	Фаза розвитку рослин					
	кущіння		трубкування		молочно-воскова стиглість	
	органічні	мінеральні	органічні	мінеральні	органічні	мінеральні
<i>Фон (без унесення ВМ)</i>						
Без інокуляції	5,1±0,46	4,1±0,32	5,5±0,36	3,2±0,37	8,2±0,69	4,9±0,34
Фосфоентерин	7,4±0,60	6,4±0,59	8,0±0,64	5,9±0,25	10,0±0,61	5,4±0,27
<i>ВМ (5 ГДК)</i>						
Без інокуляції	5,7±0,65	5,1±0,44	3,8±0,11	3,4±0,15	8,2±0,43	4,4±0,21
Фосфоентерин	6,8±0,52	5,6±0,23	7,9±0,49	7,8±0,55	9,7±0,24	5,4±0,39
<i>ВМ (10 ГДК)</i>						
Без інокуляції	3,6±0,16	2,2±0,10	4,9±0,29	2,7±0,39	6,8±0,24	6,0±0,23
Фосфоентерин	6,4±0,45	4,9±0,29	5,7±0,42	4,0±0,35	9,2±0,45	6,2±0,28
<i>ВМ (20 ГДК)</i>						
Без інокуляції	1,8±0,21	1,2±0,13	1,5±0,20	1,8±0,19	5,5±0,38	5,0±0,37
Фосфоентерин	3,3±0,30	1,4±0,12	1,9±0,13	2,4±0,34	8,0±0,63	6,3±0,54

трансформують органічні фосфати, залишається в пригніченому стані — на рівні 20 і 10 ГДК ВМ їх чисельність досягає 5,5 та 6,8 млн КУО/г ґрунту відповідно проти 8,2 млн на контролі.

Результати досліджень свідчать про позитивний вплив бактеризації на чисельність фосформобілізуювальних бактерій у ризосфері пшениці в усі фази розвитку рослин — вона зрос-

тає порівняно з контролем на фонових ділянках і за забруднення ґрунту. Установлено, що з унесенням ВМ у дозі 5 та 10 ГДК у ризосфері бактеризованих рослин кількісні показники угруповань бактерій, які трансформують важкорозчинні фосфати, перевищують контрольні впродовж усієї весняно-літньої вегетації. Найвищі показники відзначено у фазі молочно-вос-

**2. Динаміка чисельності бактерій, що використовують азотні сполуки, в ризосфері пшениці озимої (середнє за 2010–2012 рр.), млн КУО/г сухого ґрунту**

Варіант	Фаза розвитку рослин					
	кущіння		трубкування		молочно-воскова стиглість	
	органічні	мінеральні	органічні	мінеральні	органічні	мінеральні
<i>Фон (без унесення ВМ)</i>						
Без інокуляції	2,9±0,17	4,5±0,15	6,9±0,33	6,8±0,26	6,0±0,45	6,7±0,39
Фосфоентерин	5,8±0,37	5,1±0,29	9,0±0,91	9,3±0,22	6,3±0,65	7,3±0,58
<i>ВМ (5 ГДК)</i>						
Без інокуляції	3,7±0,39	3,0±0,29	4,6±0,25	3,7±0,35	5,3±0,19	6,4±0,39
Фосфоентерин	4,3±0,30	4,2±0,28	8,9±0,52	11,3±0,45	7,1±0,26	8,3±0,67
<i>ВМ (10 ГДК)</i>						
Без інокуляції	2,2±0,12	1,6±0,14	4,0±0,26	3,5±0,29	4,9±0,43	5,3±0,36
Фосфоентерин	4,8±0,21	3,0±0,12	6,1±0,22	6,1±0,30	8,5±0,45	8,9±0,58
<i>ВМ (20 ГДК)</i>						
Без інокуляції	1,8±0,15	1,7±0,16	3,4±0,19	2,5±0,29	5,1±0,33	4,7±0,40
Фосфоентерин	3,0±0,15	1,6±0,15	4,4±0,45	3,7±0,22	7,9±0,27	7,5±0,45

**3. Динаміка активності термолабільної каталази в ризосфері пшениці озимої (середнє за 2010–2012 рр.), мл O<sub>2</sub>/г сухого ґрунту/хв**

Варіант	Фаза розвитку рослин		
	кущіння	трубкування	молочно-воскова стиглість
<i>Фон (без унесення ВМ)</i>			
Без інокуляції	22,6±0,36	23,5±0,55	32,7±0,64
Фосфоентерин	23,7±1,19	23,0±0,32	43,5±1,56
<i>ВМ (5 ГДК)</i>			
Без інокуляції	19,7±0,70	22,5±0,67	28,9±0,67
Фосфоентерин	25,2±1,08	24,3±0,22	32,9±0,52
<i>ВМ (10 ГДК)</i>			
Без інокуляції	12,9±0,17	15,0±0,17	17,3±0,48
Фосфоентерин	16,1±0,55	24,4±0,40	24,1±0,46
<i>ВМ (20 ГДК)</i>			
Без інокуляції	3,4±0,26	8,8±0,52	13,6±0,12
Фосфоентерин	16,1±0,25	17,2±0,33	17,1±0,17

кової стиглості зерна: навіть і при 20 ГДК ВМ кількість бактерій, що трансформують органічні фосфати, досягає рівня контролю, а чисельність бактерій, які розчиняють мінеральні фосфати, дещо перебільшує це значення і становить 6,3 млн КУО/г ґрунту проти 4,9 млн КУО на контролі.

Подібні результати негативної дії ВМ отримано і для угруповання бактерій, що утилізують сполуки азоту в ризосфері пшениці озимої: їх чисельність на рівні 20 ГДК ВМ знижується у 1,5–3 рази проти контролю у фазі кущіння, 2,5 рази — у фазі трубкування і приблизно в 1,5 рази — у фазі молочно-воскової стиглості зерна (табл. 2). Як свідчать отримані дані, більш чутливими до дії ВМ є угруповання бактерій, що споживають мінеральний азот. Їх кількість у ґрунті з високим рівнем забруднення ВМ (10 і 20 ГДК) зменшується порівняно з контролем у фазах кущіння і трубкування рослин майже в 3 та 2–2,5 рази відповідно.

Бактеризація поліпшує життєздатність бактерій, які утилізують азотні сполуки, в ризосфері пшениці на ділянках без унесення ВМ. У ранні фази вегетації чисельність амоніфікаторів та бактерій, що споживають мінеральний азот, зростає в 1,5–2 рази та на 20–35% відповідно. Позитивна дія фосфоентерину на розвиток цих угруповань бактерій у чорноземі південному спостерігалася на всіх рівнях забруднення ґрунту ВМ, а чисельність КУО амоніфікаторів у ризосфері бактеризованих рослин перевищу-

вала показники контролю впродовж весняно-літньої вегетації на рівнях 5 і 10 ГДК ВМ. Слід зазначити, що на рівні 20 ГДК ВМ чисельність бактерій цих угруповань у ризосфері наближається до значень контрольних варіантів лише у фазі молочно-воскової стиглості зерна пшениці.

Отже, отримані результати свідчать про позитивний вплив фосфоентерину на динаміку чисельності бактерій, що трансформують сполуки фосфору й азоту в ризосфері пшениці озимої при забрудненні ґрунту ВМ за умов польового експерименту. Бактеризація сприяє зростанню їх кількості впродовж весняно-літньої вегетації рослин навіть на рівні 20 ГДК ВМ.

За аналізу результатів щодо визначення дії ВМ на каталазну активність відзначено зниження її показників у ризосферному ґрунті на всіх рівнях забруднення впродовж весняно-літньої вегетації пшениці озимої (табл. 3).

Так, унесення в ґрунт високих доз ВМ (з розрахунку 10 та 20 ГДК) призводить до зменшення показників каталазної активності ґрунту ризосфери порівняно з контролем у 1,7–6 разів у фазі кущіння рослин та 1,5–2,5 рази — у фазах трубкування і молочно-воскової стиглості зерна пшениці.

Установлено, що бактеризація підвищує активність термолабільної каталази в ризосферному ґрунті за забруднення ВМ і на ділянках без їх унесення. Так, у фазі кущіння спостерігалася найвище зростання її показників у ри-

зосфері бактеризованих рослин порівняно з контролем на незабруднених ділянках та за внесення ВМ з розрахунку 5 ГДК: до 24 та 25 мл  $O_2$ /г ґрунту/хв відповідно проти 22 та 20 мл  $O_2$ /г ґрунту/хв на контролі. Навіть за внесення в ґрунт ВМ з розрахунку 20 ГДК у ризосфері бактеризованих рослин активність каталази зростає майже в 4,5 раза порівняно з контролем (до 16 мл  $O_2$ /г ґрунту/хв проти 3,4 мл). Найвищі показники активності термолабільної каталази ризосферного ґрунту зафіксовано у фазі молочно-воскової стиглості зер-

на пшениці у контрольних і бактеризованих рослин. Проте слід відзначити, що лише на низькому рівні забруднення ґрунту (5 ГДК ВМ) у ризосфері бактеризованих рослин спостерігалось повне відновлення активності термолабільної каталази.

Отже, отримані результати свідчать про те, що використання фосфоентерину для передпосівної бактеризації насіння пшениці озимої сприяє оптимізації біологічної активності ґрунту в ризосфері бактеризованих рослин за забруднення чорнозему південного ВМ (Cr, Cu, Pb).

### Висновки

Дослідженнями встановлено, що забруднення ґрунту важкими металами (Cr, Cu, Pb) призводить до пригнічення ферментативної активності (термолабільної каталази) чорнозему південного та зниження чисельності бактерій, що трансформують сполуки фосфору

та азоту в ризосфері пшениці озимої. Передпосівна бактеризація насіння фосфоентерином сприяє відновленню чисельності бактерій та оптимізації показників каталазної активності в ризосферному ґрунті впродовж весняно-літньої вегетації рослин.

### Бібліографія

1. *Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур*; под ред. В.В. Медведева. — К.: Аграр. наука, 1997. — 162 с.
2. *Белимов А.А.* Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений/А.А. Белимов, И.А. Тихонович//Сельскохозяйственная биология. — 2011. — № 3. — С. 17–22.
3. *Біологічний азот*; за ред. В.П. Патики. — К.: Світ, 2003. — 422 с.
4. *Декларацийний патент України на корисну модель № 12537. Удобрювальний біопрепарат «ФОСФОЕНТЕРИН» на основі штаму фосфатмобілізуючих бактерій Enterobacter nimipressuralis 32-3*/Чайковська Л.О., Мельничук Т.М., Пархоменко Т.Ю., Татарин Л.М., Грітчина Л.Ю., Каменєва І.О.; заявник і власник патенту: Південний філіал Інституту сіль-
- ського господарської мікробіології УААН. — № 12357; заявл. 01.08.2005; опубл. 15.02.2006. — Бюл. № 2.
5. *Експериментальна ґрунтова мікробіологія*; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграр. наука, 2010. — 464 с.
6. *Иутинская Г.А.* Моделирование динамики численности микроорганизмов в почве, загрязненной тяжелыми металлами/Г.А. Иутинская, Ю.В. Коппа, В.С. Степашко//Мікробіолог. журнал. — 2002. — Т. 64, № 3. — С. 59–67.
7. *Методы почвенной микробиологии и биохимии*; под ред. Д.Г. Звягинцева. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 304 с.
8. *Мікробні препарати у землеробстві*; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграр. наука, 2006. — 312 с.
9. *Теппер Е.З.* Практикум по микробиологии/Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. — М.: Дрофа, 2005. — 256 с.

Надійшла 12.08.2013.