



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 579.64. 631.86/87

© 2020

ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

В.В. Волкогон¹, С.Б. Дімова², К.І. Волкогон³, В.П. Сидоренко⁴

¹доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН

^{2,3}кандидати сільськогосподарських наук

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14035, Україна*

*e-mail: ¹volkogon@ukr.net, ²dimova13@ukr.net, ³katerina_volkogon@ukr.net,
⁴sydorenkochrom@gmail.com*

ORCID: ¹0000-0003-0675-1318, ²0000-0003-2440-6657,

³0000-0002-7156-4124, ⁴0000-0001-9602-0281

Надійшла 29.04.2020

Мета. Дослідити ефективність мікробних препаратів при вирощуванні сільськогосподарських культур у сівозміні за різних систем удобрення. **Методи.** Польового досліджу, статистичні. **Результати.** Застосування мікробних препаратів для передпосівної інокуляції насіння сільськогосподарських культур сприяло зростанню продуктивності агроценозів, проте ефективність агрозаходу залежала від систем удобрення. Урожайність картоплі, ячменю і гороху збільшувалася від бактеризації за їх вирощування по невисоких і середніх у досліді мінеральних агрофонах, і особливо за поєднання добрив із дією та післядії 5 т/га пшеничної соломи та проміжного люпинового сидерата. Передпосівна бактеризація пшениці озимої була ефективною за всіх досліджуваних норм туків і підсилювалася на фоні післядії соломи й зеленого добрива. За органічних систем удобрення ефективність мікробних препаратів залежала від виду органічного добрива. Невисокий стимулювальний ефект біопрепаратів забезпечували по фоні 5 т/га соломи. У рік прямої дії 40 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби ефективність бактеризації нівелювалася, у наступні роки (за післядії добрива) прирости врожаїв були достовірними, проте найменшими серед досліджуваних агрофонів. Високий стимулювальний ефект відзначено при вирощуванні бактеризованих рослин по сидеральному агрофону та за поєднання соломи із сидеральною біомасою. **Висновки.** Використання мікробних препаратів для передпосівної бактеризації насіння є ефективним агрозаходом у технологіях вирощування

сільськогосподарських культур, проте їх вплив на продуктивність агроценозів залежить від систем удобрення.

Ключові слова: біологічні препарати, мінеральні добрива, солома, сидерати, гній, сівозмінна, картопля, ячмінь ярий, горох, пшениця озима.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202006-01>

У системі ґрунт — мікроорганізми — рослина ґрунтові бактерії та мікроскопічні гриби є незамінною і невід’ємною складовою. Рослина, забезпечена повноцінним комплексом мікроорганізмів, активно розвиває коріння, отримує із ґрунту поживні речовини в легкозасвоюваній формі та фізіологічно активні сполуки, що позитивно впливає на її продукційний процес. Проте внаслідок необґрунтованого застосування мінеральних добрив, пестицидів, порушення сівозмін тощо в більшості ґрунтів сучасних агроценозів спотворено склад угруповань мікроорганізмів, що потребує відповідної корекції [1–8]. Оптимальним розв’язанням цієї проблеми є застосування мікробних препаратів, створених на основі активних селекціонованих штамів мікроорганізмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині в різних наукових центрах розроблено біопрепарати для більшості видів культур, зокрема й небобових [9–18]. Численними польовими і виробничими дослідженнями, лізиметричними установками, дослідженнями з використання ^{15}N тощо доведено, що ефективність препаратів за впливом на продукційний процес може бути еквівалентною дії 30–60 кг/га мінерального азоту, 15–30 кг/га фосфору [12]. Це зумовлено зростанням ступенів засвоєння діючої речовини з добрив і поліпшенням конструктивного метаболізму рослин, за якого в рослинному організмі мінеральні сполуки активно спрямовуються на синтез органічних речовин [19–21]. Проте досить часто у виробництві не відзначають позитивних ефектів від бактеризації. Це можна пояснити впливом різних чинників у кожному конкретному випадку. Важливою при цьому може бути система удобрення сільськогосподарських культур.

Мета досліджень — вивчити ефективність мікробних препаратів при вирощуванні

сільськогосподарських культур у сівозміні за різних систем удобрення.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2016–2018 рр. у польовому стаціонарному досліді Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на чорноземі вилугуваному в умовах короткочасної сівозміни (картопля — ячмінь ярий — горох — пшениця озима). Дослід закладено у 2009 р. Агрохімічна характеристика ґрунту: $\text{pH}_{\text{сол}}$ — 5,3; уміст гумусу — 3,03%; легкогідролізованого азоту — 95 мг/кг ґрунту; рухомих сполук фосфору (P_2O_5) — 150 (за Кирсановим); уміст обмінного калію (K_2O) (за Кирсановим) — 108 мг/кг ґрунту.

У досліді сільськогосподарські культури вирощували згідно зі схемою у 2-х блоках — без передпосівної бактеризації і за використання мікробних препаратів. Застосовані в досліді мікробні препарати — Біогран для картоплі (ТУ У 24.1-00497360-006:2009), Мікрогумін (ТУ У 24.1-00497360-007:2009), Ризогумін (ТУ У 24.1-00497360-003:2007) і Поліміксобактерин (ТУ У 24.1-00497360-004:2009) зареєстровані в Міністерстві охорони навколишнього природного середовища України і дозволені для використання.

Картоплю сорту Скарбниця вирощували за такою схемою: 1 — без добрив; 2 — солома; 3 — сидерат; 4 — гній; 5 — солома + сидерат; 6 — гній + сидерат; 7 — $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$; 8 — $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ + солома + сидерат; 9 — $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$; 10 — $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ + солома + сидерат; 11 — $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$; 12 — $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$ + солома + сидерат; 13 — гній + $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$; 14 — гній + сидерат + $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$.

Ячмінь ярий сорту Гося вирощували за схемою: 1 — без добрив; 2 — солома*; 3 — сидерат*; 4 — гній*; 5 — солома* + сидерат*; 6 — гній* + сидерат*; 7 — $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$; 8 — солома* + сидерат* + $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$; 9 — $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$; 10 — солома* + сидерат* +

+ $N_{60}P_{60}K_{60}$; 11 — $N_{90}P_{90}K_{90}$; 12 — солома* + сидерат* + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 13 — гній* + $N_{60}P_{60}K_{60}$; 14 — гній* + сидерат* + $N_{60}P_{60}K_{60}$ (*післядія органічної речовини першого року).

Горох сорту Готівський вирощували за схемою: 1 — без добрив; 2 — солома**; 3 — сидерат**; 4 — гній**; 5 — солома** + сидерат**; 6 — гній** + сидерат**; 7 — $N_{30}P_{30}K_{30}$; 8 — солома** + сидерат** + $N_{30}P_{30}K_{30}$; 9 — $N_{60}P_{60}K_{60}$; 10 — солома** + сидерат** + $N_{60}P_{60}K_{60}$; 11 — $N_{90}P_{90}K_{90}$; 12 — солома** + сидерат** + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 13 — гній** + $N_{30}P_{30}K_{30}$; 14 — гній** + сидерат** + $N_{30}P_{30}K_{30}$ (**післядія органічної речовини другого року).

Пшеницю озиму сорту Поліська 90 вирощували за схемою: 1 — без добрив; 2 — солома***; 3 — сидерат***; 4 — гній***; 5 — солома*** + сидерат***; 6 — гній*** + сидерат***; 7 — $N_{30}P_{30}K_{30}$; 8 — солома*** + сидерат*** + $N_{30}P_{30}K_{30}$; 9 — $N_{60}P_{60}K_{60}$; 10 — солома*** + сидерат*** + $N_{60}P_{60}K_{60}$; 11 — $N_{90}P_{90}K_{90}$; 12 — солома*** + сидерат*** + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 13 — гній*** + $N_{30}P_{30}K_{30}$; 14 — гній*** + сидерат*** + $N_{30}P_{30}K_{30}$ (***)післядія органічної речовини третього року).

Свіжу органічну речовину вносили під картоплю. Подрібнену солому в кількості 5 т/га заробляли в ґрунт відразу після збирання урожаю пшениці озимої (у сівозмінні — попередник картоплі) дискуванням, після чого у відповідних варіантах висівали на проміжний сидерат люпин вузьколистий. Сидеральну масу люпину (13–15 т/га залежно від років дослідження) заробляли в ґрунт дискуванням із наступною неглибокою оранкою (15 см) пізно восени (кінець листопада). Водночас у відповідних варіантах вносили і заробляли в ґрунт підстилковий гній великої рогатої худоби з розрахунку 40 т/га.

Площа дослідної ділянки — 43,2 м² (7,2×6,0), повторність — 4-разова. Планування та проведення досліджень здійснювали за Б. Доспеховим [22]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за використання комп'ютерної програми Microsoft Office Excel 2003–2007.

Результати досліджень. Урожайність картоплі зростала при вирощуванні культури за всіх досліджуваних систем удобрення (табл. 1). Проте ефективність мікробного препарату Біограну залежала від агрофонів.

За вирощування картоплі по мінеральних агрофонах відзначено одні з найбільших у досліді прирости врожаю від бактеризації. Водночас слід наголосити, що зі збільшенням норми добрив ефективність Біограну знижується.

Деякою мірою цей негатив удається нівелювати внесенням туків по фоні поєданого використання соломи й люпинового сидерата, що, вірогідно, пов'язано з пролонгованою дією мінерального азоту за рахунок його тимчасової іммобілізації свіжою органічною речовиною із широким співвідношенням C/N.

За вирощування картоплі по фоні пшеничної соломи не відзначено достовірних приростів урожайності. Натомість істотне зростання продуктивності агроценозу від унесення Біограну спостерігали у варіанті із сидератом. Особливо високу ефективність біопрепарату відзначено по фоні «солома + проміжний сидерат». Приріст урожаю при цьому був найбільшим у досліді — 3,5 т/га.

Упродовж усіх років проведення досліджень не спостерігали зростання урожайності від бактеризації за вирощування картоплі по фоні 40 т/га гною великої рогатої худоби. Нівелювання ефективності біопрепарату можна пояснити формуванням високого пулу мікроорганізмів у ґрунті за внесення гною. Разом із гном до ґрунту надходить значна кількість мікроорганізмів, тому спроби інтродукції в агроценоз селекціонованих бактерій за цих обставин можуть мати сильну конкуренцію, що перешкоджатиме формуванню рослинно-бактеріальної асоціації. Застосовуючи гній, селяни століттями здійснюють своєрідну неспецифічну бактеризацію ґрунту, тому додаткова бактеризація є неефективною. Ще наприкінці XIX ст. В.В. Докучаєв писав, що разом із гном уноситься в ґрунт велика кількість мікроорганізмів, які відіграють не менш важливу роль, ніж удобрювальні речовини [23].

Поєднання гною із невисокою нормою мінеральних добрив у досліді також не забезпечувало прояву ефективності біопрепарату. І лише поєднання такого удобрення із сидеральним сприяло достовірному приросту врожайності культури (див. табл. 1).

За вирощування ячменю ярого (за першого року післядії органічних добрив і

1. Вплив удобрення та інокуляції на врожайність картоплі

Варіант досліджу	Урожайність (середнє за 3 роки)	Приріст від добрив та інокуляції	Приріст від інокуляції
	т/га		
Без інокуляції			
Без добрив (контроль)	13,0	—	—
Солома	13,4	0,4	—
Сидерат	14,6	1,6	—
Гній	22,8	9,8	—
Солома + сидерат	16,2	3,2	—
Гній + сидерат	24,0	11,0	—
$N_{40}P_{40}K_{40}$	15,7	2,7	—
$N_{40}P_{40}K_{40}$ + солома + сидерат	21,1	8,1	—
$N_{80}P_{80}K_{80}$	24,6	11,6	—
$N_{80}P_{80}K_{80}$ + солома + сидерат	29,1	16,1	—
$N_{120}P_{120}K_{120}$	29,2	16,2	—
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + солома + сидерат	34,2	21,2	—
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	29,4	16,4	—
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$ + сидерат	31,6	18,6	—
Із Біограном			
Без добрив	14,7	—	1,7
Солома	14,3	1,3	0,9
Сидерат	16,5	3,5	1,9
Гній	23,1	10,1	0,3
Солома + сидерат	19,7	6,7	3,5
Гній + сидерат	25,9	12,9	1,9
$N_{40}P_{40}K_{40}$	18,1	5,1	2,4
$N_{40}P_{40}K_{40}$ + солома + сидерат	23,8	10,8	2,7
$N_{80}P_{80}K_{80}$	26,1	13,1	1,5
$N_{80}P_{80}K_{80}$ + солома + сидерат	30,8	17,8	1,7
$N_{120}P_{120}K_{120}$	30,5	17,5	1,3
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + солома + сидерат	35,8	22,8	1,6
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	30,1	17,1	0,7
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$ + сидерат	33,0	20,0	1,4
HIP_{05}	1,1	—	—

прямої дії мінеральних) ефективність мікробного препарату Мікрогуміну проявлялася в усіх варіантах (табл. 2). Проте приріст урожайності культури був одним із найменших у досліді за післядії гною великої рога-тої худоби.

Високу ефективність передпосівної бактеризації насіння ячменю відзначено за післядії усіх інших видів органічних добрив, і особливо люпинового сидерата. Невисокі

і середні норми мінеральних добрив також забезпечували значні прирости врожайності культури — 0,46–0,50 т/га. За високої норми туків ефективність Мікрогуміну істотно знижувалася.

За вирощування гороху за 2-го року післядії органічних добрив ефективність мікробного препарату Ризогуміну була достовірною, прирости врожаю становили 0,30–0,35 т/га (табл. 3). Також не від-

2. Вплив удобрення та інокуляції на врожайність ячменю ярого

Варіант досліджу	Урожайність (середнє за 3 роки)	Приріст від добрив та інокуляції	Приріст від інокуляції
	т/га		
Без інокуляції			
Без добрив (контроль)	2,07	—	—
Солома*	2,21	0,14	—
Сидерат*	2,41	0,34	—
Гній*	3,40	1,33	—
Солома* + сидерат*	2,67	0,60	—
Гній* + сидерат*	3,64	1,57	—
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2,56	0,49	—
$N_{40}P_{40}K_{40}$ + солома* + сидерат*	3,26	1,19	—
$N_{80}P_{80}K_{80}$	2,94	0,87	—
$N_{80}P_{80}K_{80}$ + солома* + сидерат*	3,56	1,49	—
$N_{120}P_{120}K_{120}$	3,57	1,50	—
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + солома* + сидерат*	3,89	1,82	—
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	4,02	1,95	—
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$ + сидерат*	4,17	2,10	—
Із Мікрогуміном			
Без добрив	2,53	0,46	0,46
Солома*	2,69	0,62	0,48
Сидерат*	2,90	0,83	0,49
Гній*	3,64	1,57	0,24
Солома* + сидерат*	3,25	1,18	0,58
Гній* + сидерат*	4,02	1,95	0,38
$N_{40}P_{40}K_{40}$	3,06	0,99	0,50
$N_{40}P_{40}K_{40}$ + солома* + сидерат*	3,75	1,68	0,49
$N_{80}P_{80}K_{80}$	3,40	1,33	0,46
$N_{80}P_{80}K_{80}$ + солома* + сидерат*	3,99	1,92	0,43
$N_{120}P_{120}K_{120}$	3,80	1,73	0,23
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + солома* + сидерат*	4,10	2,03	0,21
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	4,26	2,19	0,24
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$ + сидерат*	4,46	2,39	0,29
$НІР_{05}$	0,21	—	—
*Післядія органічних добрив першого року.			

*Післядія органічних добрив першого року.

значено нівелювального впливу післядії гною великої рогатої худоби на ефективність біопрепарату.

Найбільший приріст урожаю від бактеризації спостерігали за вирощування культури по невисоких мінеральних агрофонах. Зі збільшенням норм мінеральних добрив у технології вирощування гороху ефективність Ризогуміну знижувалася.

Застосування мікробного препарату Поліміксобактерин у технологіях вирощування пшениці озимої позитивно позначилося на врожайності культури (табл. 4). Біопрепарат забезпечив прирости врожаю по всіх досліджуваних агрофонах. Проте слід зазначити, що найбільша його ефективність спостерігалася за вирощування пшениці по мінеральних агро-

3. Вплив удобрення та бактеризації на врожайність гороху

Варіант досліджу	Урожайність (середнє за 3 роки)	Приріст від добрив та інокуляції	Приріст від інокуляції
	т/га		
Без інокуляції			
Без добрив (контроль)	2,16	—	—
Солома**	2,33	0,17	—
Сидерат**	2,38	0,22	—
Гній**	2,44	0,28	—
Солома** + сидерат**	2,38	0,22	—
Гній** + сидерат**	2,58	0,42	—
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2,70	0,54	—
$N_{40}P_{40}K_{40}$ + солома** + сидерат**	2,87	0,71	—
$N_{80}P_{80}K_{80}$	2,95	0,79	—
$N_{80}P_{80}K_{80}$ + солома** + сидерат**	3,15	0,99	—
$N_{120}P_{120}K_{120}$	3,19	1,03	—
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + солома** + сидерат**	3,32	1,16	—
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	2,99	0,83	—
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$ + сидерат**	3,10	0,94	—
Із Ризогуміном			
Без добрив	2,48	0,32	0,32
Солома**	2,63	0,47	0,30
Сидерат**	2,73	0,57	0,35
Гній**	2,78	0,62	0,34
Солома** + сидерат**	2,77	0,61	0,39
Гній** + сидерат**	2,94	0,78	0,36
$N_{40}P_{40}K_{40}$	3,19	1,03	0,49
$N_{40}P_{40}K_{40}$ + солома** + сидерат**	3,38	1,22	0,51
$N_{80}P_{80}K_{80}$	3,28	1,12	0,33
$N_{80}P_{80}K_{80}$ + солома** + сидерат**	3,50	1,34	0,35
$N_{120}P_{120}K_{120}$	3,35	1,19	0,16
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + солома** + сидерат**	3,61	1,45	0,29
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	3,28	1,12	0,29
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$ + сидерат**	3,41	1,25	0,31
$НІР_{05}$	0,16	—	—
**Післядія органічних добрив другого року.			

**Післядія органічних добрив другого року.

фонах. Так, якщо прирости врожаю від бактеризації при вирощуванні культури за органічних систем удобрення були 0,30–0,49 т/га, то за мінеральних агрофонів ці показники становили 0,80–0,95 т/га.

Найменший, хоча й достовірний, приріст урожаю від бактеризації отримано за вирощування пшениці по фоні післядії гною. Як і за вирощування інших культур (наведено

вище), найкращим серед органічних агрофонів щодо прояву ефективності мікробних препаратів є пряма дія та післядія проміжного люпинового сидерата.

Для оцінки впливу мікробних препаратів на продуктивність агроценозів у сівозміні нами зроблено перерахунок показників урожайності в зернові одиниці, що дає можливість порівнювати ефективність агрозаходів

4. Вплив удобрення та бактеризації на врожайність пшениці

Варіант досліджу	Урожайність (середнє за 3 роки)	Приріст від добрив та інокуляції	Приріст від інокуляції
	т/га		
Без інокуляції			
Без добрив (контроль)	3,92	—	—
Солома***	3,95	0,03	—
Сидерат***	4,04	0,12	—
Гній***	4,12	0,20	—
Солома** + сидерат***	4,03	0,11	—
Гній*** + сидерат***	4,20	0,28	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,25	0,33	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + солома*** + сидерат***	4,35	0,43	—
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,42	0,50	—
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + солома*** + сидерат***	4,50	0,58	—
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,64	0,72	—
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + солома*** + сидерат***	4,75	0,83	—
Гній*** + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,60	0,68	—
Гній*** + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + сидерат***	4,61	0,69	—
Із Поліміксобактерином			
Без добрив	4,24	0,32	0,32
Солома***	4,35	0,43	0,40
Сидерат***	4,53	0,61	0,49
Гній***	4,42	0,50	0,30
Солома** + сидерат***	4,43	0,51	0,40
Гній*** + сидерат***	4,62	0,70	0,42
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,10	1,18	0,85
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + солома*** + сидерат***	5,22	1,30	0,87
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,30	1,38	0,88
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + солома*** + сидерат***	5,40	1,48	0,90
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,51	1,59	0,87
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + солома*** + сидерат***	5,70	1,78	0,95
Гній*** + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,40	1,48	0,80
Гній*** + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + сидерат***	5,53	1,61	0,92
НІР ₀₅	0,21	—	—
***Післядія органічних добрив третього року.			

***Післядія органічних добрив третього року.

за вирощування різних видів сільськогосподарських культур [24]. Отримані результати загалом підтверджують наведені вище висновки щодо ефективності біотехнологій залежно від удобрення кожної культури.

Так, найбільші прирости отримано за системного використання біопрепаратів при вирощуванні культур по невисоких і середніх мінеральних агрофонах (табл. 5).

За мінеральної інтенсивної системи удобрення ефективність мікробних препаратів знижується. Деякою мірою її вдається відновити, застосовуючи мінеральні добрива по фоні поєднаного використання соломи й сидерата.

За органічних систем удобрення найменші прирости від інокуляції спостерігали за вирощування сільськогосподарських

5. Середня продуктивність сівозміни за різних систем удобрення та впливу мікробних препаратів

Система удобрення	Зернові одиниці	Приріст від інокуляції
	т/га	
Без інокуляції		
Без добрив (контроль)	13,13	—
Солома	13,70	—
Сидерат	14,38	—
Гній	17,61	—
Солома + сидерат	15,03	—
Гній + сидерат	18,48	—
Мінеральна невисока	15,60	—
Мінеральна невисока + солома + сидерат	18,06	—
Мінеральна середня	18,82	—
Мінеральна середня + солома + сидерат	21,01	—
Мінеральна інтенсивна	21,25	—
Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	23,17	—
Органо-мінеральна № 1 (гній + NPK)	21,35	—
Органо-мінеральна № 2 (гній + сидерат + NPK)	22,26	—
Із мікробними препаратами		
Без добрив	14,91	1,78
Солома	15,35	1,65
Сидерат	16,47	2,09
Гній	18,84	1,23
Солома + сидерат	17,60	2,57
Гній + сидерат	20,41	1,93
Мінеральна невисока	18,43	2,83
Мінеральна невисока + солома + сидерат	21,00	2,94
Мінеральна середня	21,13	2,31
Мінеральна середня + солома + сидерат	23,39	2,38
Мінеральна інтенсивна	22,97	1,72
Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	25,25	2,08
Органо-мінеральна № 1 (гній + NPK)	23,09	1,74
Органо-мінеральна № 2 (гній + сидерат + NPK)	24,38	2,12

культур по фоні гною великої рогатої худоби, найбільші — за використання проміжної сидерата.

Слід зазначити, що проміжна сидерація є істотним доповненням інших органічних систем удобрення і сприяє підвищенню ефективності біопрепаратів. І навіть за поєднання із гноєм зелене добриво значно поліпшує ситуацію і забезпечує приріст урожаю від застосування біопрепаратів.

За результатами дослідів можна зробити попередній висновок щодо формування кращих умов для прояву ефективності мікробних препаратів за системного вирощування сільськогосподарських культур по мінеральних агрофонах. Це відповідає логіці поведінки мікроорганізмів під час захоплення вільної ніші за відсутності конкурентного середовища. Тобто за таких умов ґрунт збагачується на агрономічно корисні мікроорганізми,

що сприяє розвитку інтродукованого мікроорганізму і формуванню продуктивних мікробно-рослинних асоціацій. За внесення ґною великої рогатої худоби застосування мікробних препаратів менш ефективне через створення у ґрунті висококонкурентного середовища, що перешкоджає установленню тісних взаємозв'язків між рослиною та інтродукованою в агроценоз бактерією.

Позитивний вплив проміжного люпинового сидерата, вірогідно, пояснюється тим, що сидеральна біомаса слабо контамінована мікроорганізмами і швидко мінералізується. Крім того, не виключено, що продукти її мінералізації можуть бути додатковим джерелом живлення для інтродукованих бактерій. Проте це припущення потребує проведення додаткових досліджень.

Висновки

Ефективність мікробних препаратів при їх застосуванні для передпосівної інкуляції посівного матеріалу висока за вирощування сільськогосподарських культур по фону прямої дії і післядії люпинового сидерата та при поєднанні зеленого добрива із соломою. За внесення ґною великої рогатої худоби вплив передпосівної бактеризації значною мірою нівелюється, проте за поєднання ґною із люпиновим сидератом ефективність препаратів підвищується. Істотним є вплив

бактеризації на врожайність картоплі, ячменю ярого та гороху за вирощування культур по фону невисоких і середніх норм мінеральних добрив. Бактеризація насіння пшениці озимої сприяє значному зростанню урожайності при вирощуванні культури за всіх досліджуваних норм туків, зокрема за інтенсивного мінерального удобрення ($N_{90}P_{90}K_{90}$). Ефективність біопрепаратів підвищується за органо-мінерального удобрення культур (мінеральні добрива + солома + люпиновий сидерат).

Volkohon V.¹, Dimova S.², Volkohon K.³, Sydorenko V.⁴

Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Manufacture of NAAS, 97, Shevchenko Str., Chernihiv, 14035, Ukraine; e-mail: ¹volkohon@ukr.net, ²dimova13@ukr.net, ³katerina_volkohon@ukr.net, ⁴sydorenkochrom@gmail.com; ORCID: ¹0000-0003-0675-1318, ²0000-0003-2440-6657, ³0000-0002-7156-4124, ⁴0000-0001-9602-0281

The efficiency of microbial preparations in different systems of fertilizing crops

Goal. To investigate the efficiency of microbial preparations in the cultivation of crops in crop rotation with different fertilizer systems. **Methods.** A field experiment, statistical. **Results.** The use of microbial preparations for pre-sowing inoculation of seeds of crops contributed to the growth of productivity of agricultural lands, however, the effectiveness of such measures depended on fertilizer systems. Bacterization increased the yield of potato, barley and pea at the cultivation of the crops on the background of low and medium mineral soil fertility, and especially for the combination of fertilizer with the effect and after-effect of use of 5 t/ha of wheat straw, and lupin as intermediate green

manure. Preplant bacterization of winter wheat was effective in all studied doses of fertilizers and intensified on the background of the after-effect of straw and green manure. With the organic fertilizer system, the efficiency of microbial preparations depended on the kind of organic fertilizer. The low stimulating effect of the preparations was provided on the background of 5 t/ha of straw. In the year of the direct action of 40 t/ha of bedding manure of cattle, the efficiency of bacterization was leveled. In subsequent years (for the after-effect of fertilizers) the growth of yields was reliable, but the smallest among the studied agricultural backgrounds. A high stimulating effect was observed when growing bacterized plants on green manure agricultural background and for the combination of straw with green manure biomass. **Conclusions.** The use of microbial preparations for pre-sowing bacterization of seeds is an effective agricultural measure in the techniques of cultivation of crops, but their influence on the productivity of agrocenoses depends on the fertilizer system.

Key words: biological products, mineral fertilizers, straw, green manure crops, manure, crop rotation, potato, barley, pea, wheat.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202006-01>

Бібліографія

1. Bashan Y., Levanyon H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.* 1990. V. 36, № 9. P. 591–601.
2. Патики В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот; за ред. В.П. Патики. Київ: Світ, 2003. 424 с.
3. Тихонович И.А., Круглов Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия. *Плодородие*. 2006. № 5(32). С. 9–12.
4. Курдиш І.К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. Київ: Наукова думка, 2010. 197 с.
5. Иутинская Г.А., Пономаренко С.П. Биорегуляция микробно-растительных систем. Київ: Нічлава, 2010. 464 с.
6. Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов. *Сельскохозяйственная биология*. 2011. № 3. С. 16–22.
7. De-la-Peña C., Loyola-Vargas V.M. Biotic Interactions in the Rhizosphere: A Diverse Cooperative Enterprise for Plant Productivity. *Plant Physiol.* 2014. V. 166. P. 701–719. doi: 10.1104/pp.114.241810
8. Гадзало Я.М., Патыка Н.В., Заришняк А.С. Агробиология ризосферы растений. Київ: Аграрна наука, 2015. 386 с.
9. Постников Н., Морозов Д., Шитикова А. Микробиологические препараты — дополнение к удобрениям. *Картофель и овощи*. 2002. № 3. С. 28.
10. Bashan Y., Holguin G., de-Bashan L.E. *Azospirillum* — plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997–2003). *Can. J. Microbiol.* 2004. № 50. P. 521–577. doi: 10.1139/w04-035
11. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. Москва, 2005. 154 с.
12. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика; за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
13. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. Москва: Изд-во ВНИИА, 2005. 302 с.
14. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. та ін. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Аграрна наука, 2011. 156 с.
15. O'Callaghan M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2016. V. 100. P. 5729–5746. doi: 10.1007/s00253-016-7590-9
16. Agami R.A., Ghramh H.A., Hashem M. Seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* alleviates the adverse effects of drought stress on wheat plants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2017. V. 90. P. 165–173. doi: 10.5073/JABFQ.2017.090.021
17. Zuluaga M.Y.A., Milani K.M.L., Goncalves L.S.A., de Oliveira A.L.M. Diversity and plant growth-promoting functions of diazotrophic/N-scavenging bacteria isolated from the soils and rhizospheres of two species of *Solanum*. *PLOS ONE*. Ed. L. Barruso, Free University of Bozen-Bolzano. Italy. 2020. 15 (1). doi: 10.1371/journal.pone.0227422
18. Etesami H., Emami S., Alikhani H.A. Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2017. V. 17, № 4. *versión Online*. doi: 10.4067/S0718-95162017000400005
19. Lin W., Okon Y., Hardy R.W.F. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Appl. Environ. Microbiol.* 1983. V. 45, № 6. P. 1775–1779.
20. Волкогон В.В., Гусев О.В., Давидова О.Є., Мальцева Н.М. Вивчення особливостей азотного живлення ячменю методом ізотопного розбавлення при застосуванні триману 1, мінеральних добрив та інокуляції. *Фізіологія і біохімія культ. растений*. 2004. Т. 36, № 5. С. 444–450.
21. Волкогон В.В., Дімова С.Б., Волкогон К.І. та ін. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 25–28.
22. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., доп. и пер. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
23. Докучаев В.В. К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учение о микроорганизмах: избранные сочинения. Москва: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1948. Т. 2. С. 290–318.
24. Томмэ М.Ф. Корма СССР. Состав и питательность. Изд. 4-е. Москва: Колос. 1964. 215 с.