

## ВПЛИВ НЕОНІКОТИНОЇДНИХ ІНСЕКТИЦИДІВ НА МІКРОБІОМ ҐРУНТУ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ

**МЕЛЬНИЧУК Ф.С.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0003-2711-5185](https://orcid.org/0000-0003-2711-5185)

Державне підприємство «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів»  
Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України  
**МАРЧЕНКО О.А.** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0002-2419-4191](https://orcid.org/0000-0002-2419-4191)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України  
**КОВАЛЬ Г.В.** – аспірант  
[orcid.org/0000-0002-5874-4745](https://orcid.org/0000-0002-5874-4745)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Інсектициди є важливою складовою частиною системи захисту рослин проти шкідників сільськогосподарських культур в умовах зрошення. Неонікотинοїдні інсектициди – системні та нейроактивні препарати, які є похідними синтетичних нікотинοїдів, що широко використовуються в агрови́робництві. Особливості дії інсектицидів у ґрунті на мікроорганізми залежать від багатьох чинників: умов існування мікроорганізмів, сільськогосподарської культури, що вирощується, норм пестицидів, тривалості їхньої дії. Зрошення також є важливим чинником, який впливає як на формування мікробного товариства, так і на перерозподіл інсектицидів у ґрунті, потребує детальних наукових досліджень.

Найбільша кількість пестицидів в агроєкоценозах потрапляють у ґрунт та накопичуються. Тому дослідження комплексного впливу обробок неонікотинοїдними інсектицидами на функціональну реакцію бактерій, особливості їхньої взаємодії з агроєкосистемами дасть змогу встановити вплив даних препаратів на нецільові об'єкти, на цій основі розробити сільськогосподарські технології з метою контролю та зменшення цих негативних впливів, а також дослідити роль мікроорганізмів у процесах біоремедіації інсектицидів в умовах зрошення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Неонікотинοїдні інсектициди поділяють на три основні класи: хлоропіридинілові сполуки (імідаклоприд, нітєпірам, ацетаміприд і тіаклоприд), хлоротіазолільні сполуки (тіаметоксам і клотіанідин), тетрагідрофурилову сполуку (динотєфуран) [1]. Неонікотинοїди пригнічують активність ацетилхолінєстерази та є агоністами нікотин-ацетилхолінєвих рецепторів постсинаптичної мембрани, що пролонгують відкриття натрієвих каналів. Цей механізм дії призводить до блокування в комах передачі нервового імпульсу та загибелі організму. Останнім часом широкє й інколи надмірне застосування цих препаратів призводить до їх накопичення в навколишньому середовищі, що негативно впливає на стан екосистеми і здоров'я людей та тварин. Потрапляння неонікотинοїдів у ґрунт, акумуляція їх призводить до негативного впливу на нецільові об'єкти, змінює, зокрема, біорізноманіття мікроорганізмів. За деякими даними, унаслідок

дрейфу інсектицидів у ґрунті знижується чисельність ризобактерій та бактерій, які беруть участь у трансформации азоту [2]. Водночас збільшується кількість деяких ґрунтових бактерій, які можуть брати активну участь у процесах біодеградації пестицидів шляхом ферментативної деструкції. Під час застосування інсектицидів варто враховувати, що тільки приблизно 10% від загальної кількості препарату досягає цільових організмів, а 90%, які залишаються, розподіляються в навколишньому середовищі, негативно впливають на нецільові організми та загальний стан екосистеми [3]. З іншого боку, відомі деякі мікроорганізми, які беруть участь у деструкції нікотинοїдів: *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudoxanthomonas*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Actinomycetes*, *Stenotrophomonas* [4].

За даними Т. Морі та інших [5], мікробну біологічну деградацію клотіанідину виявили у гриба, що спричиняє білу гниль на деревних рослинах *Phanerochaete sordida*. Під час культивування мікроорганізм руйнував 37% клотіанідину протягом 20 днів вирощування. *Pseudomonas stutzeri* smk аеробно деградували 62% клотіанідину протягом 14 днів за 30 °С, що швидше, ніж повідомлялося раніше [6]. Біодеградація тіаметоксаму у ґрунті та в рідкій культурі виявлена в декількох видів мікроорганізмів *Ensifer adhaerens* TMX-23, ризобактерії, азотфіксатора [7], *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a, *Bacillus pumilus* SE34, *Sphingomonas* sp. TY та *Acinetobacter* sp. TW [8]. Біодеградація даної речовини в мікробних системах може відбуватись метаболічно, шляхом нітроредукції з утворенням метаболітів, як-от нітрозогуанідин / нітрозамін, аміногуанідин, дезнітро / гуанідин / імін та сечовина [9; 10]. Біодеградація тіаклоприду, за даними деяких авторів, відбувається шляхом вивільнення мікроорганізмами ціаногрупи тіаклоприду й окислення гідроксильної групи до карбонільної групи з утворенням 4-гідрокси-тіаклоприду [11; 12].

**Мета статті** – встановити вплив діючих речовин неонікотинοїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на мікробні угруповання ґрунту в умовах зрошення.

**Матеріали і методи дослідження.** Відбір проб ґрунту проводився в умовах Лісостєпу України на дослідних ділянках у ФГ «Агротєхлєб» (с. Любарці

Бориспільського р-ну Київської обл.) протягом 2019–2020 рр. на гібриді соняшнику Неома. Вегетаційні поливи соняшнику проводили із застосуванням методу дощування: перший – перед утворенням зачатків суцвіття, у фазі 2–3 пар листків, другий – на початку утворення кошиків, третій – на початку цвітіння, четвертий і п'ятий – у період наливання насіння. Рівень передпосівної вологості – 70–80% найменшої вологості (далі – )НВ. У проведеному дослідженні використовували бактеріологічні загальноприйняті методики виділення, ідентифікації та культивування мікроорганізмів ґрунту.

Статистичний аналіз зібраних даних проводився в модулях програми Microsoft Excel® і у спеціалізованій статистичній програмі R® (<https://www.r-project.org/>). Отримані дані проаналізовані двофакторним аналізом. Двоспрямований дисперсійний аналіз (ANOVA) проводили для визначення відсотка варіації досліджених параметрів ґрунту під впливом різних доз кожного дослідженого пестициду. Статистична значущість відмінностей у даних вимірювань оцінювалась шляхом ретроспективного порівняння з використанням тесту на найменшу значущу різницю (LSD).

Вивчення впливу пестицидів проводили з використанням методу аналізу компонент (далі – PCA), який дозволяє визначити найважливіші екологічні показники ґрунту.

**Результати досліджень.** Дослідження впливу клотіанідину на ґрунтові мікроорганізми та біохімічні властивості ґрунту за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. Клотіанідин (N (2-хлор-1,3-тіазол-5-іл-метил) N'-метил-N-нітрогуанідин). Механізм дії даної речовини полягає у блокуванні передачі нервових імпульсів у комах через конкурентну дію до нікотинового ацетилхолінового рецептора, спричиняє шок та шлункову токсичність. Використовується клотіанідин в основному для протруєння насіння, обробки ґрунту на картоплі, цукровому буряку, ріпаку й інших культурах проти сисних комах із родин жорсткокрилих (Coleoptera), рівнокрилих (Homoptera) та двокрилих (Diptera).

За отриманими даними нами встановлено, що кількість фосфатмобілізуючих бактерій за однократної дози протягом двох тижнів зменшується порівняно з контролем. У разі збільшення дози препарату та тривалості експозиції від 14 до 56 діб спостерігається збільшення колонієутворювальних одиниць (далі – КУО) даної групи бактерій. Однак статистичний аналіз показав, що доза та тривалість дії інсектициду не мають статистично значущого впливу на кількість мікроорганізмів даної групи (табл. 1). Виявлено, що кількість бактерій-імобілізаторів мінерального азоту статистично достовірно збільшувалась у разі збільшення дози неонікотинідного інсектициду та тривалості впливу на ґрунтовий зразок (рис. 1, табл. 1). Це свідчить про участь даних мікроорганізмів у процесах біодеструкції клотіанідину і використанні як субстрату у ферментативних перетвореннях. Зазначено негативний вплив клотіанідину на кількість КУО мікроміцетів і педотрофних бактерій. У разі педотрофних мікроорганізмів зменшення популяції достовірно залежало від поєднання дози та тривалості впливу препарату (табл. 1).

Тіаметоксам (5-метил-3-(2-хлортіазол-5-ілметил)-1,3,5-оксадіазинан-4-іліден-N-нітроамін) має подібний механізм дії з імідаклопридом. Вивчення впливу тіаметоксаму на основні групи мікроорганізмів ґрунту проводили за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. За нашими даними, вплив тіаметоксаму на мікробіом ґрунту був подібний до клотіанідину. Збільшення доз препарату викликало збільшення КУО фосфатмобілізуючих мікроорганізмів за експозиції від одного до 28 днів (рис. 2). Тривалість дії та дози тіаметоксаму не мали статистично значущого впливу на мікроорганізми даної групи у ґрунті (табл. 2). Кратність дози тіаметоксаму несуттєво впливала на популяцію бактерій із роду *Azotobacter* у разі короткої експозиції протягом доби. У разі збільшення експозиції відбувалось статистично значуще збільшення кількості мікроорганізмів цієї групи. Збільшення дози препарату негативно впливало на кількість КУО мікроміцетів. Педотрофні мікроорганізми й актиноміцети були менш чутливими до дії тіаметоксаму, статично достовірно на чисельність їхньої популяції впливала тривалість дії препарату (табл. 2). Бактерії – імобілізатори мінерального азоту в разі збільшення тривалості впливу інсектициду протягом 14 та 28 днів суттєво збільшували кількість КУО, що свідчить про участь цієї групи мікроорганізмів у метаболічних процесах деградації тіаметоксаму (табл. 2).

Вивчення впливу тіаклоприду на основні групи мікроорганізмів ґрунту проводилось застосуванням в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. Тіаклоприд ((2Z)-[(6-хлорпіридин-3-іл)метил]-2-ціаніміно-1,3-тіадіазолідин) застосовується на яблуні (яблунева плоджерка, щитівка, листовертка, яблунева квіткоїда), винограді (гронова листовертка), соняшнику (попелиця, совка), а також ріпаку (ріпаковий квіткоїд, ріпаковий пильщик, прихованохоботники). За результатами досліджень встановлено, що збільшення дози тіаклоприду та часу експозиції (рис. 3) позитивно впливає на популяції фосфатмобілізуювальних, амоніфікуювальних бактерій та роду *Азотобактер*. Зазначено статистично достовірне збільшення кількості даних ґрунтових мікроорганізмів (табл. 3). Збільшення доз препарату викликало збільшення КУО фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, однак такі варіації в популяції бактерій не були статично пов'язані з дією тіаклоприду. Мікроорганізми, що беруть участь в імобілізації мінерального азоту, за тривалості дії препарату від 14 до 28 діб суттєво збільшують популяцію в разі збільшення дози. За збільшення експозиції до 56 діб кількість КУО підвищується несуттєво.

**Висновки.** Встановлено, що група фосфатмобілізуювальних бактерій збільшувала свою чисельність під дією всіх неонікотинідних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину. Однак статистично значущого впливу доз та тривалості дії випробовуваних інсектицидів не виявлено. Вірогідно, що у процесі біодеградації неонікотинідів у ґрунті можуть брати участь бактерії – імобілізатори мінерального азоту, які суттєво збільшували кількість КУО за збільшення дози тіаметоксаму, клотіанідину та тіаклоприду. Найбільше пригнічувався ріст популяцій мікроорганізмів, які належать до мікроміцетів, що виявились найбільш чутливими до дії неонікотинідів в мікробіомі ґрунту в умовах зрощення.

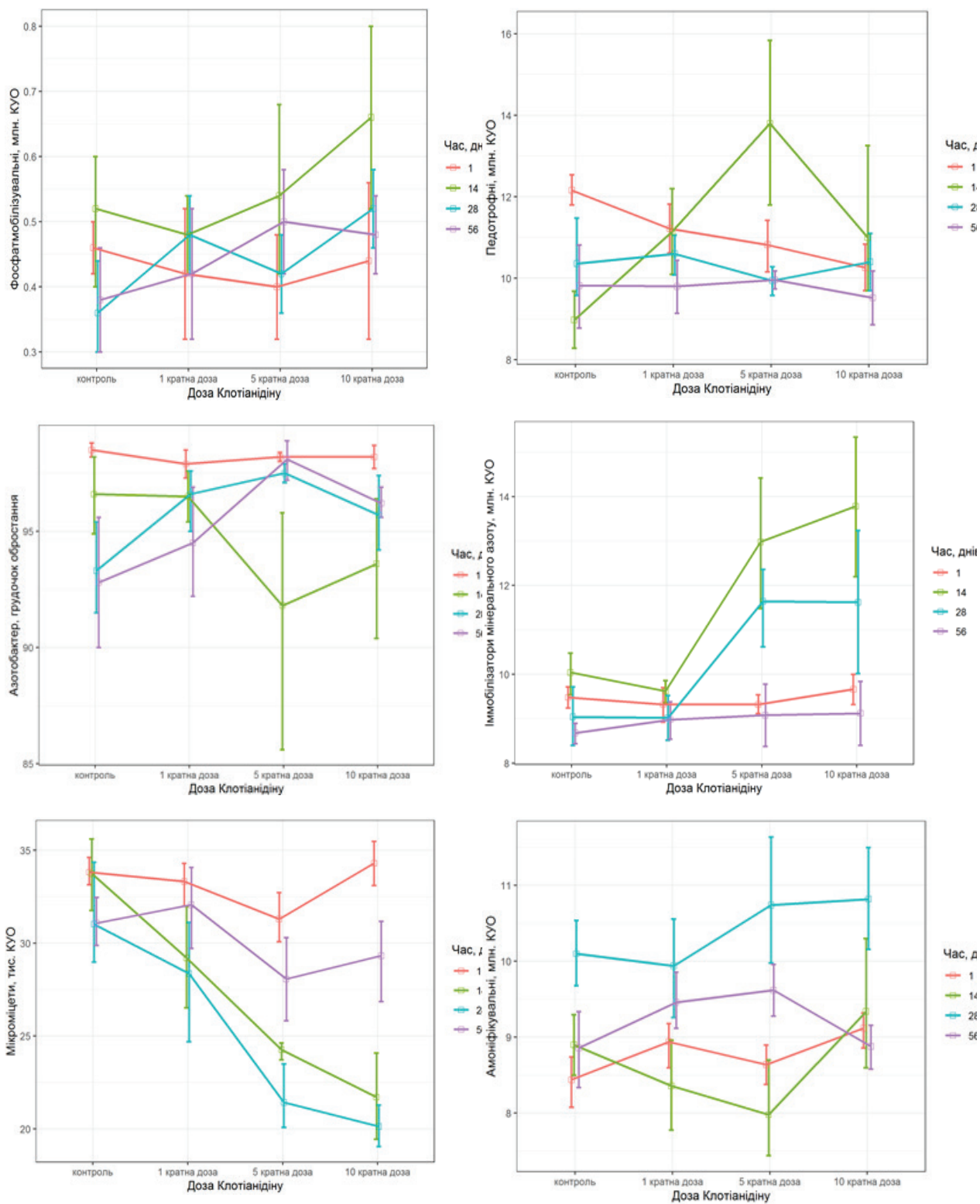


Рис. 1. Вплив клотіанідину на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрошення

Таблиця 1 – Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії клотіанідину на ґрунтові мікроорганізми

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє квадратичне	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	2,4	0,8	5	1,7	0,167
	Час	3	38,1	12,7	85	27,7	< 0,001
	Доза x час	9	9,6	1,1	7	2,3	0,024
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	53,9	18	35	15,9	< 0,001
	Час	3	80,7	26,9	53	23,8	< 0,001
	Доза x час	9	46	5,1	10	4,5	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	9,1	3	15	2	0,129
	Час	3	28,4	9,5	45	6,1	0,001
	Доза x час	9	60,8	6,8	33	4,4	< 0,001
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,1	0	28	2,5	0,071
	Час	3	0,2	0,1	50	4,5	0,006
	Доза x час	9	0,1	0	11	1	0,476
Актиноміцети	Доза	3	0,3	0,1	6	1,6	0,192
	Час	3	3,9	1,3	83	24,5	< 0,001
	Доза x час	9	1,1	0,1	8	2,3	0,028
Мікроміцети	Доза	3	582,7	194,2	41	30,6	< 0,001
	Час	3	722,8	240,9	50	37,9	< 0,001
	Доза x час	9	339,3	37,7	8	5,9	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	15,9	5,3	7	0,8	0,518
	Час	3	142,8	47,6	59	6,9	< 0,001
	Доза x час	9	193,7	21,5	26	3,1	0,004

Таблиця 2 – Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії тіаметоксаму на ґрунтові мікроорганізми

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	37,4	12,5	34	24,8	< 0,001
	Час	3	63,9	21,3	59	42,3	< 0,001
	Доза x час	9	17,2	1,9	5	3,8	< 0,001
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	28,2	9,4	40	21,8	< 0,001
	Час	3	33,1	11	46	25,6	< 0,001
	Доза x час	9	26,3	2,9	12	6,8	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	8,4	2,8	15	2,9	0,041
	Час	3	35	11,7	62	12,2	< 0,001
	Доза x час	9	30	3,3	18	3,5	0,001
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,2	0,1	25	2,7	0,054
	Час	3	0,4	0,1	54	5,8	0,001
	Доза x час	9	0,2	0	11	1,2	0,330
Актиноміцети	Доза	3	0,4	0,1	7	2,1	0,105
	Час	3	4,3	1,4	82	25,6	< 0,001
	Доза x час	9	1,2	0,1	8	2,4	0,021
Мікроміцети	Доза	3	382,4	127,5	47	22,9	< 0,001
	Час	3	280,6	93,5	34	16,8	< 0,001
	Доза x час	9	417,9	46,4	17	8,4	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	60,5	20,2	17	3,1	0,032
	Час	3	238	79,3	68	12,2	< 0,001
	Доза x час	9	96,5	10,7	9	1,7	0,12

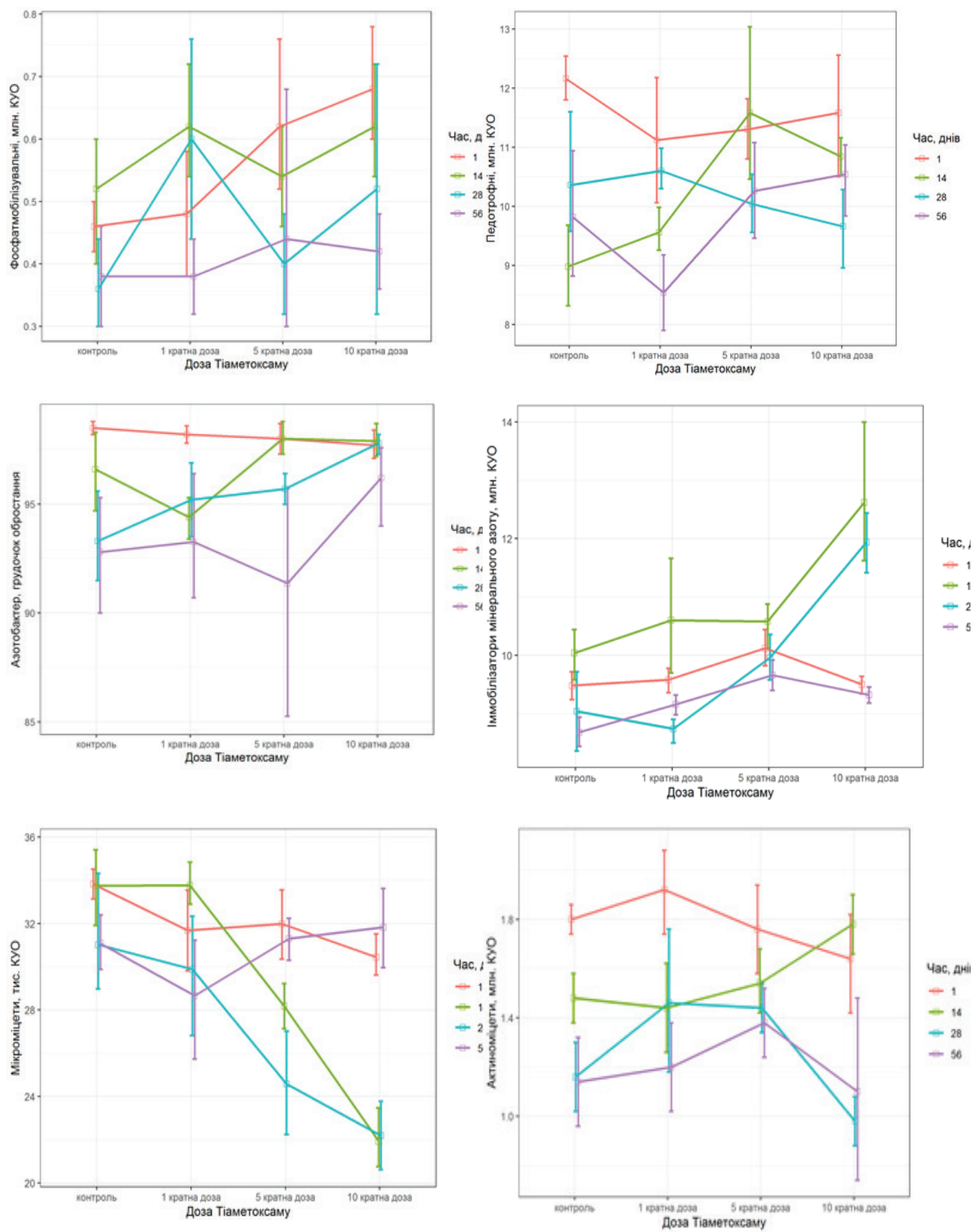


Рис. 2. Вплив тіаметоксаму на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрощення

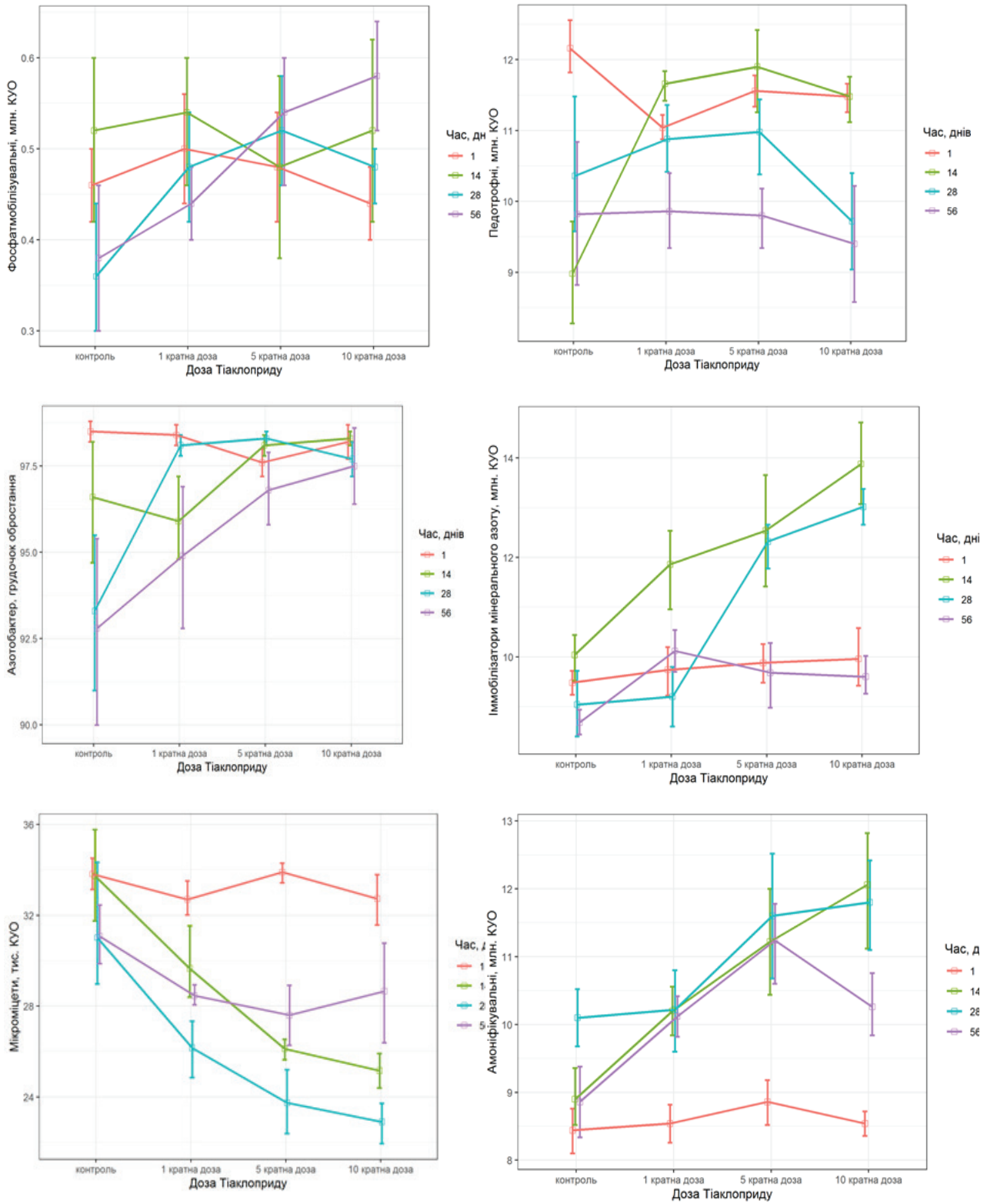


Рис. 3. Вплив тіаклоприду на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрощення

Таблиця 3 – Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії тіаклоприду на ґрунтові мікроорганізми

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	37,4	12,5	34	24,8	< 0,001
	Час	3	63,9	21,3	59	42,3	< 0,001
	Доза x час	9	17,2	1,9	5	3,8	< 0,001
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	61,6	20,5	38	34,9	< 0,001
	Час	3	82,7	27,6	51	46,8	< 0,001
	Доза x час	9	47,1	5,2	10	8,9	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	6,5	2,2	12	3,9	0,013
	Час	3	36,8	12,3	67	22	< 0,001
	Доза x час	9	30,2	3,4	18	6	< 0,001
Оліготрофні	Доза	3	1,1	0,4	6	0,7	0,032
	Час	3	12,5	4,2	70	8,3	0,250
	Доза x час	9	8,4	0,9	16	1,9	0,067
Фосфатмобілізуювальні	Доза	3	0,1	0	42	3,1	0,092
	Час	3	0	0	19	1,4	< 0,001
	Доза x час	9	0,1	0	26	1,9	0,007
Актиноміцети	Доза	3	0,1	0	6	2,2	< 0,001
	Час	3	1,9	0,6	83	30,3	< 0,001
	Доза x час	9	0,5	0,1	8	2,8	< 0,001
Мікроміцети	Доза	3	311,1	103,7	34	33,2	< 0,001
	Час	3	552	184	60	59	< 0,001
	Доза x час	9	156,1	17,3	6	5,6	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	85	28,3	43	11	< 0,001
	Час	3	73,8	24,6	38	9,5	< 0,001
	Доза x час	9	89,4	9,9	15	3,8	< 0,001

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems / S. Hussain et al. *FEMS Microbiol. Lett.* 2016. 363, fnw 252.
2. The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates / Zhou Guang-can et al. *Journal of Environmental Science and Health.* 2014. Part B. 49: 6. P. 381–390. DOI: 10.1080/03601234.2014.894761.
3. Current approaches to and future perspectives on methomyl degradation in contaminated soil/water environments / Z. Lin et al. *Molecules.* 2020. № 25. P. 738. DOI: 10.3390/molecules25030738.
4. Sorption and degradation of neonicotinoid insecticides in tropical soils / E. Dankyi et al. *J. Environ. Sci. Heal.* 2018. B 53. P. 587–594. DOI: 10.1080/03601234.2018.1473965.
5. Bioremediation of the neonicotinoid insecticide clothianidin by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida* / T. Mori et al. *J. Hazard. Mater.* 2017. № 321. P. 586–590. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.09.049.
6. Parte S.G., Kharat A.S. Aerobic degradation of clothianidin to 2-chloro-methyl thiazole and methyl 3-(thiazole-yl) methyl guanidine produced by *Pseudomonas stutzeri* smk. *Journal of Environment and Public Health.* 2019. 4807913. DOI: 10.1155/2019/4807913.
7. *Pseudomonas sp.* Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas sp.* 1G. / G. Zhou et al. *Biochem. Bioph. Res. Commun.* 2013. № 380. P. 710–714. DOI: 10.1016/j.bbrc.2009.01.156.
8. Thiamethoxam degradation by *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from agricultural soils / S. Rana et al. *Environ. Monit. Assess.* 2015. № 187. P. 300. DOI: 10.1007/s10661-015-4532-4.
9. Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas sp.* 1G. *Biochem / G. Pandey et al. Bioph. Res. Commun.* 2009. № 380. P. 710–714. DOI: 10.1016/j.bbrc.2009.01.156.
10. The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates / G. Zhou et al. *J. Environ. Sci. Heal.* 2014. B. 49. P. 381–390. DOI: 10.1080/03601234.2014.894761.
11. Biodegradation of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam by the nitrogen-fixing and plant-growth-promoting *Rhizobacterium Ensifer adhaerens* strain TMX23 / G. Zhou et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2013. № 97. P. 4065–4074. DOI: 10.1007/s00253-012-4638-3.
12. Hydrolysis of the neonicotinoid insecticide thiacloprid by the N<sub>2</sub>-fixing bacterium *Ensifer meliloti* CGMCC 7333 / F. Ge et al. *Int. Biodeter. Biodegradat.* 2014. № 93. P. 10–17. DOI: 10.1016/j.ibiod.2014.05.001.

## References:

- Hussain, S., Hartley, C.J., Shettigar, M., Pandey, G. (2016). Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems. *FEMS Microbiol. Lett*, 363, fnw252.
- Guang-can Zhou, Ying, Wang, Yuan, Ma, Shan, Zhai, Ling-yan, Zhou, Yi-jun Dai, & Sheng Yuan. (2014). The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 49:6, 381–390. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2014.894761>
- Lin, Z., Zhang, W., Pang, S., Huang, Y., Mishra, S., & Bhatt, P., et al. (2020). Current approaches to and future perspectives on methomyl degradation in contaminated soil/water environments. *Molecules*, 25: 738. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25030738>
- Dankyi, E., Gordon, C., Carboo, D., Apalangya, V.A., and Fomsgaard, I.S. (2018). Sorption and degradation of neonicotinoid insecticides in tropical soils. *J. Environ. Sci. Heal. B*, 53, 587–594. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1473965>
- Mori, T., Wang, J., Tanaka, Y., Nagai, K., Kawagishi, H., & Hirai, H. (2017). Bioremediation of the neonicotinoid insecticide clothianidin by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida*. *J. Hazard. Mater*, 321, 586–590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.09.049>
- Parte, S.G., & Kharat, A.S. (2019). Aerobic degradation of clothianidin to 2-chloro-methyl thiazole and methyl 3-(thiazole-yl) methyl guanidine produced by *Pseudomonas stutzeri* smk. *J. Environ. Public Health*, 2019: 4807913. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4807913>
- Pandey, G., Dorrian, S.J., Russell, R.J., & Oakeshott, J.G. (2009). Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. *Biochemical and biophysical research communications*, 380 (3), 710–714. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2009.01.156>
- Rana, S., Jindal, V., Mandal, K., Kaur, G., & Gupta, V.K. (2015). Thiamethoxam degradation by *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from agricultural soils. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 300. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4532-4>
- Pandey, G., Dorrian, S.J., Russell, R.J., and Oakeshott, J.G. (2009). Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. *Biochem. Bioph. Res. Commun.*, 380, 710–714. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2009.01.156>
- Zhou, G., Wang, Y., Ma, Y., Zhai, S., Zhou, L., Dai, Y., et al. (2014). The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 49: 6, 381–390. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2014.894761>
- Zhou, G., Wang, Y., Zhai, S., Ge, F., Liu, Z., & Dai, Y. (2013). Biodegradation of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam by the nitrogen-fixing and plant-growth-promoting *Rhizobacterium Ensifer adhaerens* strain TMX23. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 97, 4065–4074. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4638-3>
- Ge, F., Zhou, L., Wang, Y., Ma, Y., Zhai, S., & Liu, Z. (2014). Hydrolysis of the neonicotinoid insecticide thiacloprid by the N<sub>2</sub>-fixing bacterium *Ensifer meliloti* CGMCC 7333. *Int. Biodeter. Biodegradat.*, 93, 10–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.05.001>

**Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Коваль Г.В.**  
**Вплив неонікотиніодних інсектицидів на мікробіом ґрунту на зрошуваних землях**

**Мета.** Встановити вплив діючих речовин неонікотиніодних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на мікробні угруповання ґрунту в умовах зрошування. **Методи.** Відбір зразків ґрунту проводився на дослідних ділянках державного підприємства «Дослідне господарство «Брилівське»» ІВПІМ Національної академії аграрних наук України протягом 2019–2020 років на ділянках, де вирощували гібрид томата Лампо F 1. Стаціонарні модельні досліді проводили на базі державного підприємства «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів» Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України. Проводилось моделювання краплинного способу поливу. Строки поливів зразків ґрунту визначались тензометричним методом. Ідентифікацію, виділення та культивування мікроорганізмів ґрунту проводили за загальноприйнятими бактеріологічними методиками. Для визначення відсотка варіації досліджених параметрів ґрунту під впливом різних доз кожного інсектициду здійснено двонаправлений дисперсійний аналіз (ANOVA). Дослідження впливу препаратів на ґрунтові мікроорганізми проводили за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах та за тривалості експозиції 1, 14, 28 до 56 діб.

**Результати.** Встановлено, що в разі підвищення дози клотіанідину та тривалості експозиції відбувається збільшення колонієутворювальних одиниць фосфатомобілізуючих бактерій, бактерій роду *Azotobacter* та іммобілізаторів мінерального азоту. Встановлено негативний вплив клотіанідину на кількість колонієутворювальних одиниць мікроміцетів і педотрофних бактерій. У разі педотрофних мікроорганізмів зменшення популяції достовірно залежало від поєднання дози та тривалості впливу препарату. Також кількість колонієутворювальних одиниць мікроміцетів зменшується залежно від дози та тривалості дії тіаметоксаму та тіаклоприду. Педотрофні мікроорганізми й актиноміцети були менш чутливими до дії тіаметоксаму, статично достовірно на чисельність їх популяції впливала тривалість дії препарату. Бактерії – іммобілізатори мінерального азоту в разі збільшення дози й експозиції тіаметоксаму та тіаклоприду протягом 14 та 28 днів суттєво збільшували кількість колонієутворювальних одиниць. Виявлено, що збільшення дози тіаклоприду та часу експозиції позитивно впливає на популяції амоніфікувальних бактерій та роду *Azotobacter*. **Висновки.** Встановлено, що збільшення колонієутворювальних одиниць бактерій – іммобілізаторів мінерального азоту у ґрунті під впливом тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину вірогідно свідчить про участь цієї групи мікроорганізмів у процесах біодеструкції випробовуваних неонікотиніодних інсектицидів. Найбільш чутливими до дії досліджуваних



пестицидів в умовах зрошення були ґрунтові мікроорганізми, які належать до мікроміцетів.

**Ключові слова:** неонікотиніоїди, біодеградація, мікроорганізми ґрунту, тіаметоксам, тіаклоприд, клотіанідин.

**Melnychuk F.S., Marchenko O.A., Koval G.V.**  
**Neonicotinoid insecticides effects on soil microbiome on irrigated lands**

**Purpose.** To determine the effect of the active substances of neonicotinoid insecticides, such as thiamethoxam, thiacloprid and clothianidin on the soil microbiome under irrigation conditions. **Methods.** The sampling of soil was carried out on the experimental plots of the State Enterprise "Experimental farm "Brylivske"" IWPaLM NAAN in 2019–2020 in the plots where the hybrid tomato Lampo F 1 was grown. Stationary model experiments were conducted on the basis of the State Enterprise "Central Laboratory of Water and Soil Quality" of the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS.

The drip irrigation method was simulated. The timing of irrigation of soil samples was determined by tensometric method. Identification, isolation and cultivation of soil microorganisms was carried out according to generally accepted bacteriological methods. To determine the percentage of variation of the studied soil parameters under the influence of different doses of each insecticide, a bidirectional analysis of variance (ANOVA) was performed. The study of the effect on soil microorganisms was carried out with the use of 1-fold 5-fold and 10-fold doses of drugs and with an exposure duration of 1, 14, 28 and 56 days.

**Results.** It was found that with an increase in the dose of clothianidin and the duration of exposure, an increase in colony-forming units (CFU) of phosphate-mobilizing bacteria, bacteria of the genus *Azotobacter* and immobilizing mineral nitrogen occurs. A negative effect of clothianidin on the CFU count of micromycetes and pedotrophic bacteria was established. In the case of pedotrophic microorganisms, the decrease in the population significantly depended on the combination of dose and duration of drug exposure. Also, the number of colony-forming units of micromycetes decreases depending on the dose and duration of action of thiamethoxam and thiacloprid. Pedotrophic microorganisms and actinomycetes were less sensitive to the action of thiamethoxam, and the duration of action of the drug had a statistically significant effect on the size of their population. Bacteria immobilizing mineral nitrogen with increasing dose and exposure of thiamethoxam and thiacloprid for 14 and 28 days significantly increased the number of CFU. It was revealed that an increase in the dose of thiacloprid and the exposure time has a positive effect on the populations of amonificuval bacteria and the genus *Azotobacter*.

**Conclusions.** It has been established that an increase in CFU of bacteria immobilizers of mineral nitrogen in the soil under the influence of thiamethoxam, thiacloprid and clothianidin, probably indicates the participation of this group of microorganisms in the biodegradation of the tested neonicotinoid insecticides. Soil microorganisms belonging to micromycetes were the most sensitive to the action of the studied pesticides under irrigation conditions.

**Key words:** neonicotinoids, biodegradation, soil microorganisms, thiamethoxam, thiacloprid, clothianidin.