

## РОЗВИТОК МІКРООРГАНІЗМІВ ТА СПРЯМОВАНІСТЬ БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЧОРНОЗЕМІ ВИЛУЖЕНОМУ ЗА МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФІЦИТУ СВІЖОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ТА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО АЗОТУ

В. В. Волкогон, Т. Ю. Британ, О. В. Пиріг

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: rifam@ukrpost.ua

**Мета.** Дослідити особливості розвитку мікроорганізмів та спрямованість біологічних процесів у ґрунті за впливу мінерального азоту в умовах моделювання дефіциту свіжої органічної речовини. **Методи.** Мікробіологічні, агрохімічні, газохроматографічні, статистичні. **Результати.** В умовах вегетаційного дослідження за моделювання в чорноземі вилуженому дефіциту свіжої органічної речовини (підготовка ґрунту відповідно до методики визначення вмісту гумусу) досліджено вплив зростаючих доз мінерального азоту на динаміку чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів та перебіг ґрунтово-біологічних процесів, що супроводжують мінералізацію гумусу. Азотне добриво за даних умов стимулює розвиток амоніфікаторів, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, денітрифікаторів, целюлозоруйнівних бактерій, активізує процеси біологічної денітрифікації та емісії CO<sub>2</sub>. За такої умови потреби у вуглеці для забезпечення метаболічних процесів мікроорганізми можуть задовольняти лише за рахунок деструкції гумусових сполук. За надходження до ґрунту свіжої органічної речовини у вигляді подрібненої до пиловидних частин соломи, а також за вирощування ячменю ярого активність біологічної денітрифікації зменшується. Наприкінці дослідження вміст загального вуглецю в ґрунті має чітку тенденцію до зменшення у міру зростання доз мінерального азоту — відповідно до варіантів: без добрив, контроль — 2,97 %, 13 мг N/кг ґрунту — 2,91 %, 26 мг N/кг — 2,88 %, 39 мг N/кг — 2,85 %. **Висновки.** За дефіциту свіжої органічної речовини в чорноземі вилуженому застосування мінеральних азотних добрив, особливо у значних кількостях, призводить до створення ситуації, коли мікроорганізми для забезпечення метаболічних потреб використовують вуглець консервативних органічних сполук. Застосування мінерального азоту, не узгоджене з необхідною кількістю у ґрунті свіжої органічної речовини, призводить до ініціювання процесів дегуміфікації. Для запобігання таким наслідкам екологічно обґрунтовані системи удобрення сільськогосподарських культур повинні передбачати систематичне надходження до ґрунту свіжої органічної речовини.

Ключові слова: гумус, деструкція гумусових сполук, ґрунтові мікроорганізми, органічна речовина ґрунту.

**Вступ.** Як відомо, інтегральним показником ґрунтової родючості є вміст гумусу, який одночасно є акумулятором вуглецю (і, відповідно, енергії), а також носієм тимчасово зв'язаних сполук біогенних елементів. У зв'язку з цим, одним із найактуальніших завдань сучасного землеробства є необхід-

ність обґрунтування шляхів відновлення вмісту та якості гумусу в ґрунтах. Цього можна досягти за внесення відповідної кількості свіжої органічної речовини, підвищення інтенсивності її гуміфікації, а також створення таких умов у ґрунті, які б послаблювали мінералізацію складних органічних сполук та

сприяли оптимізації фракційного складу гумусу [1; 2].

Серед факторів, які активно впливають на мінералізацію гумусу, виділяють: інтенсивний обробіток ґрунту (наприклад, за дотримання чистого пару, вирощування просапних культур, недотримання сівозмін (що обмежує надходження кореневих та післязбиральних решток до ґрунту), застосування мінеральних добрив [3]. Щодо останнього чинника, слід зауважити, що прямих аналітичних підтверджень деструктивного впливу туків на вміст гумусу в ґрунті немає. Літературні джерела свідчать про зниження вмісту гумусу в ґрунтах порівняно з вихідними значеннями за системного застосування мінеральних добрив в умовах тривалих польових дослідів [4; 5]. За даними Ротамстедської дослідної станції [6], у досліді з беззмінною пшеницею за період більш ніж 100 років, у ґрунті ділянок, які отримували лише мінеральний азот, вміст органічного азоту і вуглецю в 2–2,5 рази нижчий, ніж у ґрунті ділянок з щорічним внесенням гною. Численні дослідження підтверджують ці дані і, отже, робиться висновок про неможливість компенсації втрат органічної речовини ґрунтів лише за внесення мінеральних добрив, але про пряму їх дію на процеси дегуміфікації у публікаціях не йдеться. У зв'язку з цим, актуальними є дослідження впливу мінеральних добрив на процеси дегуміфікації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед добрив, як чинника можливого впливу на дегуміфікацію ґрунтів, особливу увагу слід звернути на мінеральний азот, оскільки колообіги азоту і вуглецю тісно пов'язані між собою, вуглець і азотні сполуки є складовою гумусу, а співвідношення C : N визначає спрямованість низки ґрунтово-мікробіологічних процесів у ґрунті, у т. ч. й синтезу гумусу. Вважається, що в ґрунті оптимізація процесів мінералізації-синтезу органічної речовини проявляється за співвідношення C/N на рівні 20–30/1 [3; 7]. Водночас внесення азотних добрив у ґрунт за дефіциту свіжої органічної речовини суттєво звужує це співвідношення, що теоретично повинно викликати руйнування мікроорганізмами гумусових сполук для отримання вуглецю. Проте зменшення вмісту гумусу в ґрунтах за використання азотних добрив (особливо високих їх доз) пов'язується з іншими

механізмами. Так, вважається, що застосування високих норм мінерального азоту супроводжується швидкою мінералізацією свіжих органічних решток у ґрунтах, що призводить до зниження коефіцієнтів їх гуміфікації. Відповідно зменшується показник такої статті балансу гумусу як гуміфікація рослинних решток, що впливає на поступове зменшення запасів гумусу в ґрунтах агроценозів [3; 8]. Це твердження не викликає сумніву, але не перекреслює існування інших механізмів впливу мікроорганізмів на деструкцію складних органічних сполук у ґрунті. Водночас залишається нез'ясованою роль мікроорганізмів у процесах мінералізації-синтезу за відсутності в ґрунті свіжої органічної речовини.

Саме тому для встановлення можливості прямого впливу мікроорганізмів на мінералізацію гумусу під час внесення в ґрунт азотних добрив потрібно проводити дослідження за умови дефіциту в ньому (чи повної відсутності) свіжої органічної речовини.

**Мета досліджень** — з'ясувати особливості розвитку мікроорганізмів та спрямованість біологічних процесів у ґрунті за дії мінерального азоту в умовах моделювання дефіциту свіжої органічної речовини.

**Матеріали та методи досліджень.** Вивчення впливу різних норм азотних добрив на процеси, що супроводжують мінералізацію гумусу за моделювання дефіциту органічної речовини в чорноземі вилуженому та її надходження, проводили в умовах модельного (вегетаційного) досліді. Агрохімічна характеристика ґрунту: вміст гумусу (за Тюрінім) — 3,03 %, загального азоту — 0,3 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (за Кірсановим) — 15 мг/100 г ґрунту, K<sub>2</sub>O (за Масловою) — 13 мг/100 г ґрунту; рН<sub>вод.</sub> 5,9–6,5. У ґрунті створювали умови дефіциту органічної речовини (ґрунт позбавляли рослинних решток, процедура аналогічна прийомам його підготовки до визначення вмісту гумусу).

Схема досліді складалася з чотирьох блоків, у яких передбачено однакові варіанти.

#### I. Без мінерального азоту:

1. ґрунт без додаткового забезпечення органічною речовиною і без рослин.
2. ґрунт без додаткового забезпечення органічною речовиною + вирощування рослин.
3. ґрунт із додатковим забезпеченням

органічною речовиною, без рослин.

4. Ґрунт із додатковим забезпеченням органічною речовиною + вирощування рослин.

II. Аналогічні варіанти з дозою мінерального азоту N<sub>40</sub> (13 мг/кг).

III. Аналогічні варіанти з дозою мінерального азоту N<sub>80</sub> (26 мг/кг).

IV. Аналогічні варіанти з дозою мінерального азоту N<sub>120</sub> (39 мг/кг).

Як додаткову органічну речовину у відповідних варіантах дослідів використовували розмелену до пиловидних часток солому пшениці озимої (1,6 г/кг ґрунту, що дорівнює 520 мг вуглецю/кг ґрунту). Така кількість соломи еквівалентна застосуванню її в польових умовах на рівні 5,8 т/га.

До ґрунту додавали суміш Прянишнікова без азоту. Мінеральний азот (аміачну селітру) вносили у відповідних варіантах дослідів у еквівалентних до польових норм (N<sub>40</sub>, N<sub>80</sub> і N<sub>120</sub>) кількостях — 13, 26 і 39 мг/кг.

У досліді використовували пластикові посудини з 1 кг ґрунту. У відповідних варіантах вирощували ячмінь ярий сорту Гонар. Повторність – шестикратна.

Упродовж 60 днів у ґрунті підтримували вологість на рівні 60 % від повної вологості.

В динаміці у ґрунті визначали чисельність представників окремих фізіолого-трофічних груп мікроорганізмів (амоніфікаторів, бактерій, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, денітрифікаторів, целюлозоруйнівних бактерій) за відповідними методиками [9; 10]. Визначали потенційну активність біологічної денітрифікації [11].

Для оцінки емісії вуглекислого газу застосовували метод закритих камер [10; 11].

Вміст CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>O у газових пробах визначали на газовому хроматографі «Цвет-500 М» з детектором теплопровідності.

На початку дослідів та через 60 днів експозиції у ґрунті (відповідно до варіантів) визначали загальний вміст вуглецю та лабільної фракції гумусу згідно з ДСТУ 4289:2004 «Метод визначення органічної речовини» [12] та ДСТУ 4732:2007 «Методи визначення доступної (лабільної) органічної речовини» [13].

Проведення дослідів здійснювали за Б. Доспеховим [14]. Статистичну обробку

експериментальних даних проводили методом двофакторного дисперсійного аналізу за використання комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003–2007).

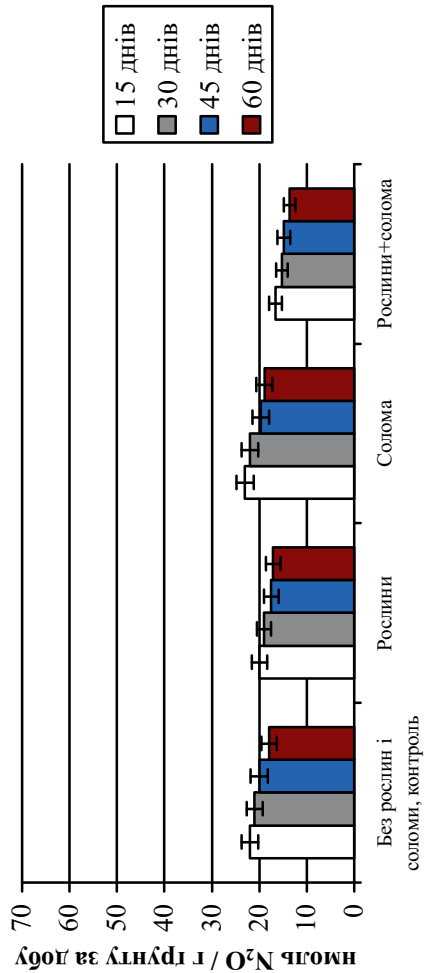
**Результати та їх обговорення.** Визначення в динаміці чисельності денітрифікувальних мікроорганізмів демонструє їх зростання у міру збільшення кількості мінерального азоту в ґрунті. Солома спочатку стимулює розвиток денітрифікаторів, а надалі сприяє зменшенню їх чисельності в ґрунті. Вирощування ячменю також забезпечує тенденцію до зменшення чисельності представників цієї еколого-трофічної групи мікроорганізмів. Безперечно, це пояснюється як зменшенням кількості субстрату для забезпечення життєдіяльності денітрифікаторів унаслідок зв'язування частини мінеральних сполук азоту, так і їх засвоєнням рослинами.

Визначення в динаміці потенційної активності біологічної денітрифікації в ґрунті також свідчить про зростання показників у міру збільшення в ґрунті концентрації мінерального азоту (рис. 1). За такої умови слід відзначити вплив рослин і соломи (і особливо в поєднанні) на зменшення емісії N<sub>2</sub>O.

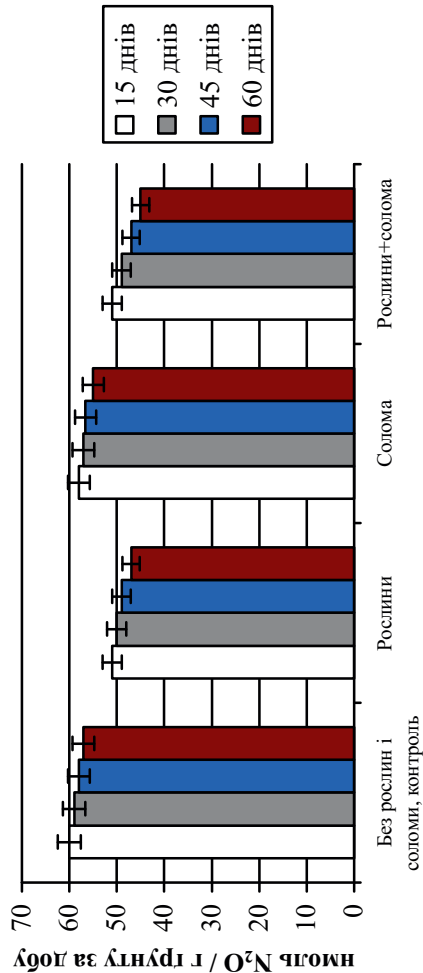
Чисельність амоніфікаторів у ґрунті зростає за появи свіжої органічної речовини (соломи та корневих ексудатів). Водночас абсолютні показники зростають у міру збільшення агрохімічного навантаження на ґрунт (рис. 2).

Проте чи не найцікавішим є збільшення популяції амоніфікувальних мікроорганізмів у контрольних варіантах усіх блоків дослідів, за відсутності соломи і корневих ексудатів рослин. За цих умов вуглець для забезпечення розвитку амоніфікаторів може надходити лише з одного джерела — гумусу.

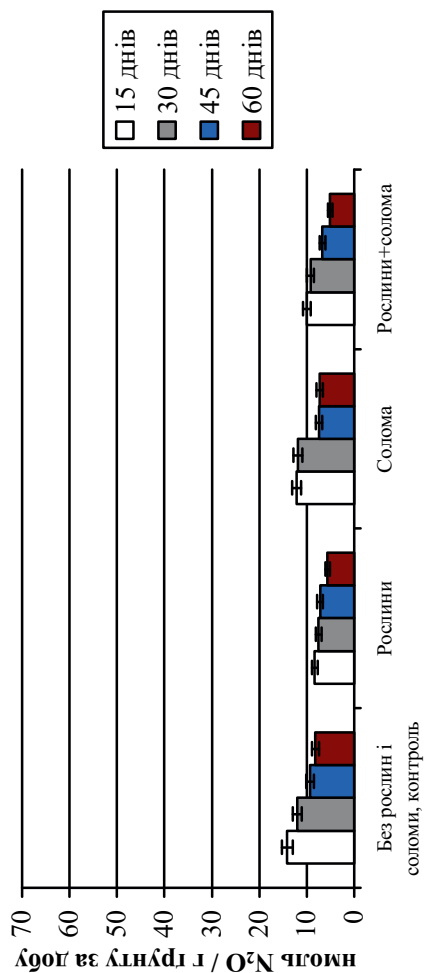
Зазначене значною мірою підтверджується також і результатами визначення чисельності мікроорганізмів, які використовують для метаболізму переважно мінеральні сполуки азоту (рис. 3). Оскільки на крохмалеаміачному агарі визначається чисельність гетеротрофних бактерій, слід зробити висновок, що в умовах дефіциту свіжої органічної речовини вони використовують як джерело вуглецю гумус. Отже, зростання чисельності мікроорганізмів у міру збільшення доз мінерального азоту може свідчити про підсилення руйнування гумусових сполук.



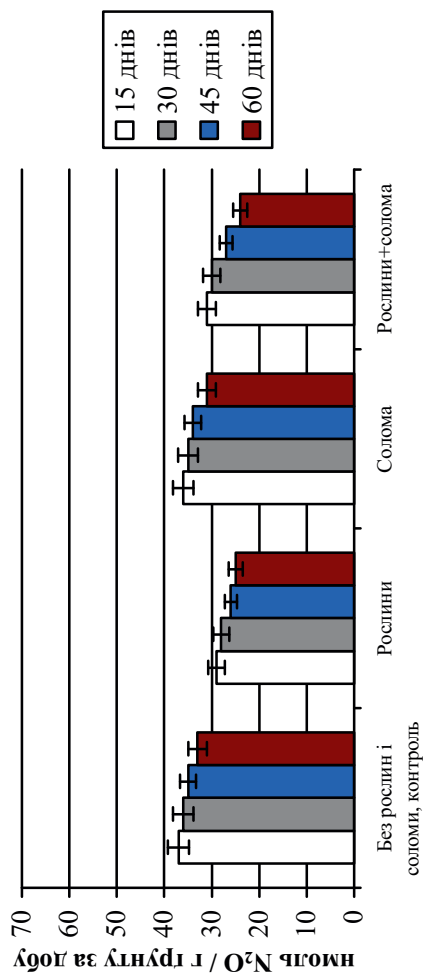
Н13



Н39

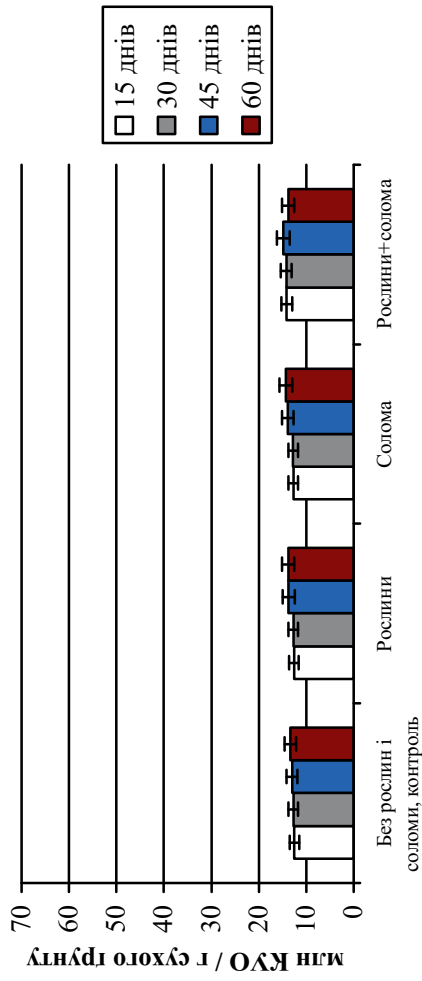


Без добрив

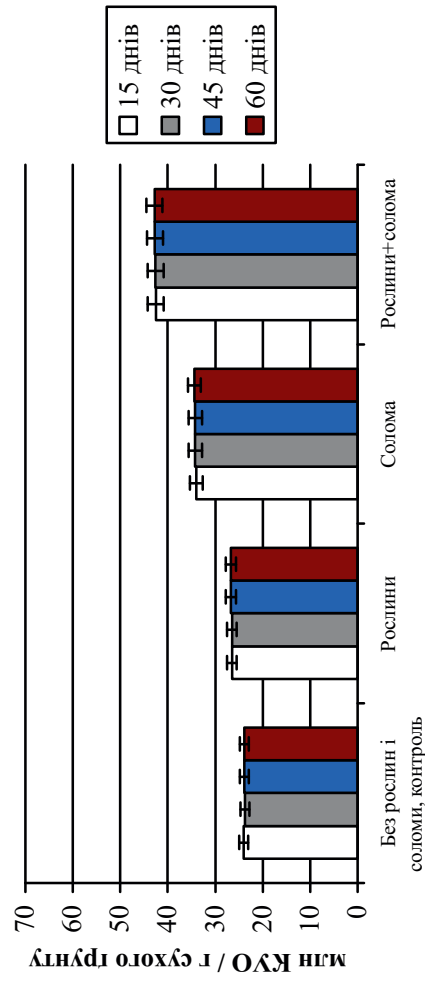


Н26

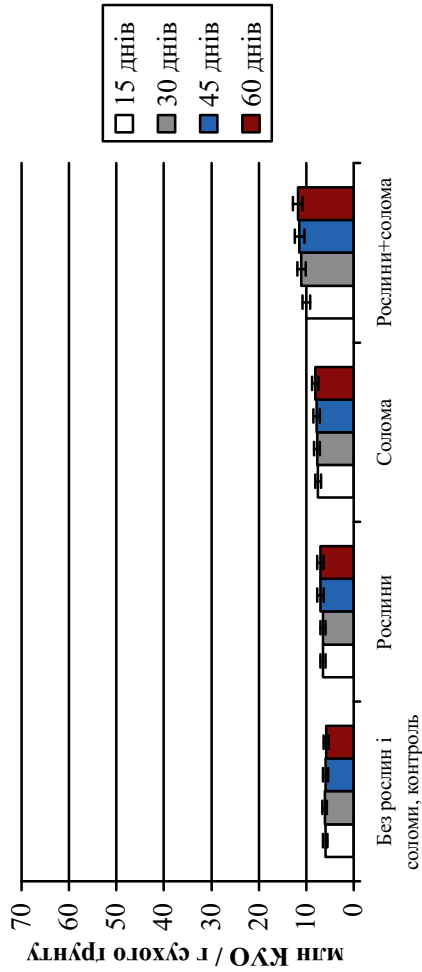
Рис. 1. Вплив мінерального азоту, соломи та вирощування ячменю на динаміку потенційної активності денітрифікації.



Н13



Н39



Н26

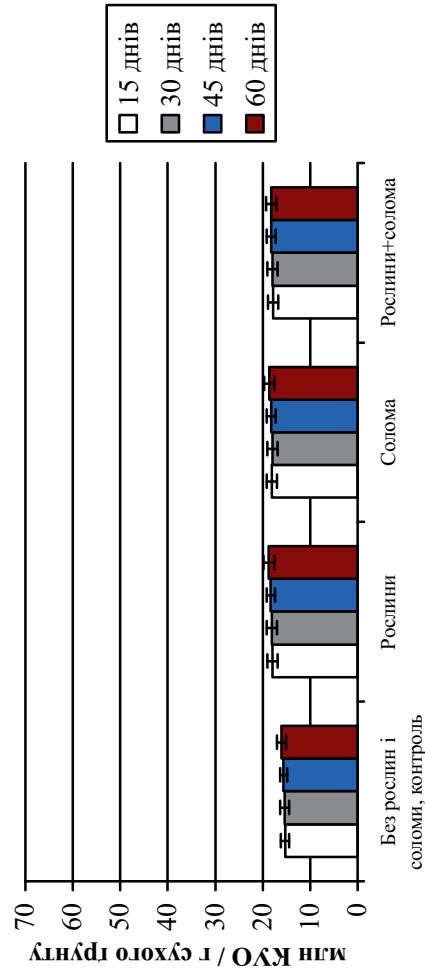
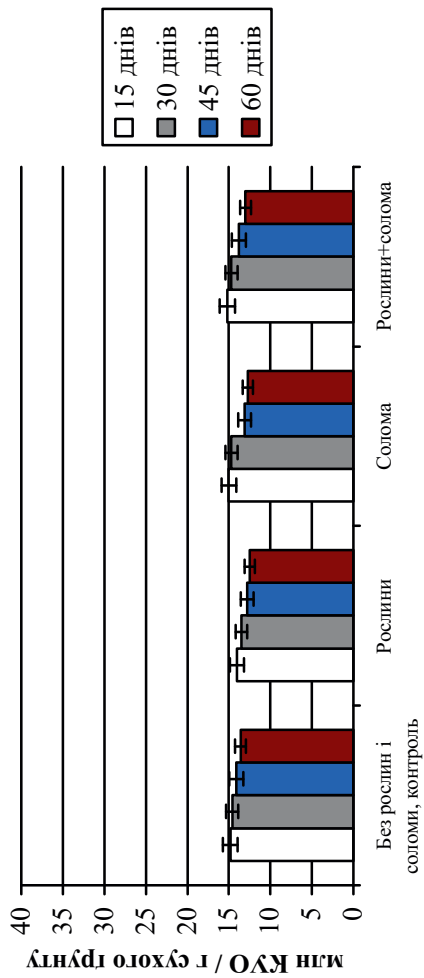
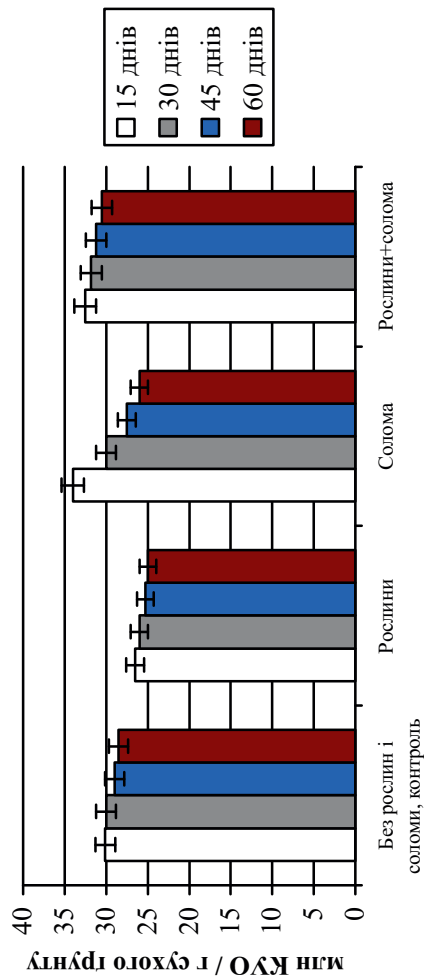


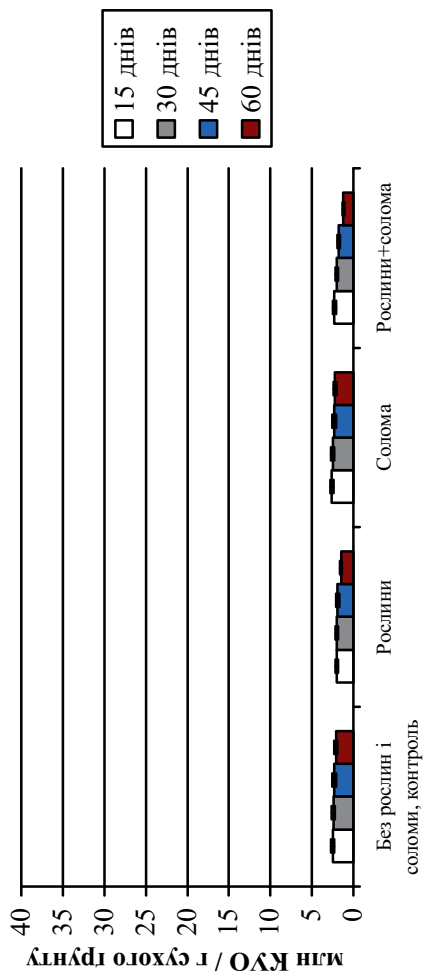
Рис. 2. Вплив мінерального азоту, соломи та вирощування ячменю на динаміку чисельності амоніфікуювальних бактерій.



Н13



Н39



Н26

Без добрив

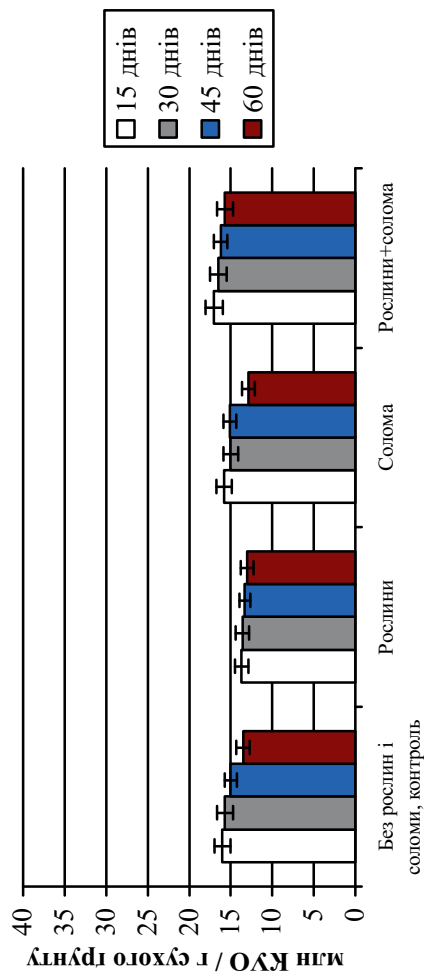


Рис. 3. Вплив мінерального азоту та забезпечення ґрунту свіжою органічною речовиною на чисельність мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту.

Слід зазначити, що основним чинником регулювання процесів мінералізації-синтезу в ґрунті є не стільки надходження свіжої органічної речовини у вигляді подрібненої соломи, скільки наявність мінеральних сполук азоту. Підтвердженням вищезазначеному є показники коефіцієнтів мінералізації-імобілізації (визначаються як співвідношення чисельності мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту до кількості амоніфікаторів) (табл. 1).

Як відомо, показники  $K_{m-i}$ , менші за 1,0, свідчать про низькі темпи процесів, перевищення зазначеної позначки характеризує проходження небажаної інтенсивності мінералізації-імобілізації. Представлені в табл. 1 результати розрахунків  $K_{m-i}$  демонструють низькі темпи мінералізації органічної речовини у варіантах без мінерального азоту, які різко зростають за внесення аміачної селітри

навіть у невисокій нормі.

Збільшення концентрації мінеральних сполук азоту в ґрунті (за внесення  $N_{26}$  та  $N_{39}$ ) ще більшою мірою забезпечує зростання  $K_{m-i}$  (і, відповідно, мінералізаційних процесів).

Про зміни напруженості мінералізаційних процесів можна судити також і за чисельністю целюлозолітичних бактерій у ґрунті (табл. 2). Проте кількість представників зазначеної групи мікроорганізмів свідчить також і про активність деструкції соломи у відповідних варіантах.

Тісно корелюють з чисельністю мікроорганізмів показники емісії  $CO_2$  (рис. 4).

Зі збільшенням дози мінерального азоту емісія вуглекислого газу зростає. Для порівняння: показники емісії  $CO_2$  у контрольному варіанті блоку без добрив відрізняються від активності у відповідному варіанті блоку досліду з внесенням  $N_{39}$  більш ніж у два рази.

*Таблиця 1. Значення коефіцієнтів мінералізації-імобілізації в ґрунті за впливу мінерального азоту, соломи та вирощування ячменю*

Варіанти дослідів	Строки відбору зразків			
	15 днів	30 днів	45 днів	60 днів
Без добрив				
Без рослин і соломи, контроль	0,34	0,32	0,29	0,22
Рослини	0,19	0,16	0,11	0,05
Солома	0,32	0,24	0,20	0,16
Рослини + солома	0,16	0,09	0,06	0,03
$N_{13}$				
Без рослин і соломи	0,76	0,71	0,67	0,58
Рослини	0,68	0,63	0,55	0,51
Солома	0,74	0,71	0,58	0,53
Рослини + солома	0,77	0,73	0,68	0,66
$N_{26}$				
Без рослин і соломи	1,10	1,02	0,95	0,79
Рослини	0,77	0,74	0,70	0,66
Солома	0,92	0,85	0,82	0,63
Рослини + солома	1,00	0,98	0,94	0,91
$N_{39}$				
Без рослин і соломи	1,29	1,27	1,23	1,20
Рослини	1,01	0,97	0,94	0,92
Солома	1,02	0,91	0,84	0,78
Рослини + солома	0,78	0,75	0,73	0,71

Таблиця 2. Вплив мінерального азоту і джерел свіжої органічної речовини на чисельність целюлозолітичних бактерій, млн / г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Строки відбору зразків			
	15 днів	30 днів	45 днів	60 днів
Без добрив				
Без рослин і соломи, контроль	1,4	0,9	0,8	0,6
Солома	5,8	3,2	2,3	1,8
Рослини	1,6	1,4	1,3	1,1
Солома + рослини	6,4	4,5	3,7	2,9
N <sub>13</sub>				
Без рослин і соломи	7,0	5,4	4,6	3,8
Солома	15,6	14,2	12,3	11,6
Рослини	6,3	5,9	5,2	4,6
Солома + рослини	15,1	14,8	13,5	12,8
N <sub>26</sub>				
Без рослин і соломи	7,7	6,3	5,7	4,3
Солома	14,6	13,5	12,9	10,2
Рослини	8,2	6,2	5,6	4,2
Солома + рослини	16,3	15,9	14,3	12,9
N <sub>39</sub>				
Без рослин і соломи	18,1	17,4	16,8	14,6
Солома	18,7	17,8	16,3	11,6
Рослини	17,8	16,9	14,7	12,4
Солома + рослини	19,4	18,2	17,8	15,3

Свій внесок в емісію вуглекислого газу привносить наявність у ґрунті соломи, поєднання двох чинників (соломи і азоту) забезпечує найбільші показники емісії вуглекислого газу з ґрунту (рис. 4). Проте зростання емісії вуглекислого газу у контрольних варіантах у міру збільшення доз добрив може свідчити лише про одне – за дефіциту свіжої органічної речовини мінеральний азот провокує розклад консервативної органічної речовини (гумусу). Вирощування рослин ячменю сприяє деякому зменшенню емісії CO<sub>2</sub> у всіх блоках дослідів.

Отже, дослідження в динаміці розвитку представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів та процесів, які вони здійснюють, свідчать про суттєві зміни в мікробних угрупованнях за збільшення концентрації мінерального азоту в умовах дефіциту свіжої органічної речовини в ґрунті, а також забезпечення його енергетичним

субстратом.

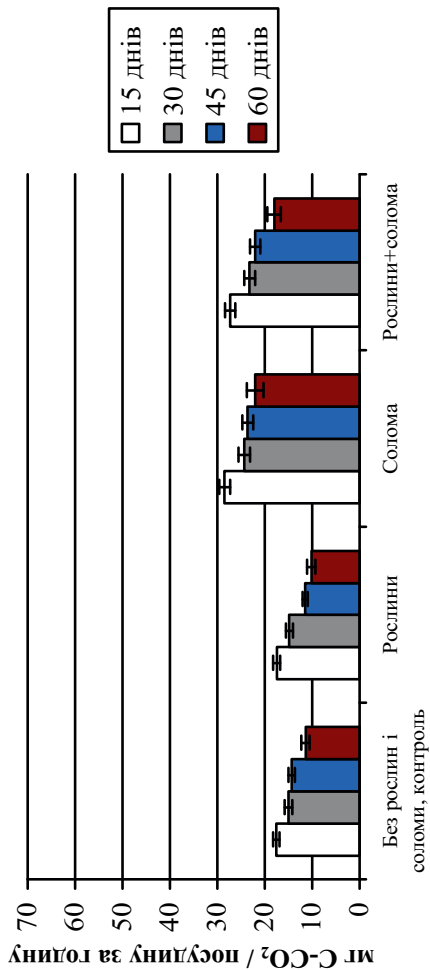
Визначення вмісту загального гумусу та лабільної його частини на початку дослідів та наприкінці (через 60 днів) свідчить про певні зміни показників (табл. 3).

Порівнюючи вміст загального вуглецю між блоками дослідів, слід відзначити тенденцію до його зменшення у міру зростання доз мінерального азоту — у ряду N<sub>0</sub>, N<sub>13</sub>, N<sub>26</sub>, N<sub>39</sub> маємо такі показники: 2,97 %, 2,91 %, 2,88 % і 2,85 %. Зазначені зміни не виходять за межі статистичної похибки, проте тенденція до зменшення вмісту C<sub>заг.</sub> чітка.

У межах блоків дослідів також спостерігаються деякі зміни, проте вони значно менші, ніж це має місце у контрольних варіантах блоків.

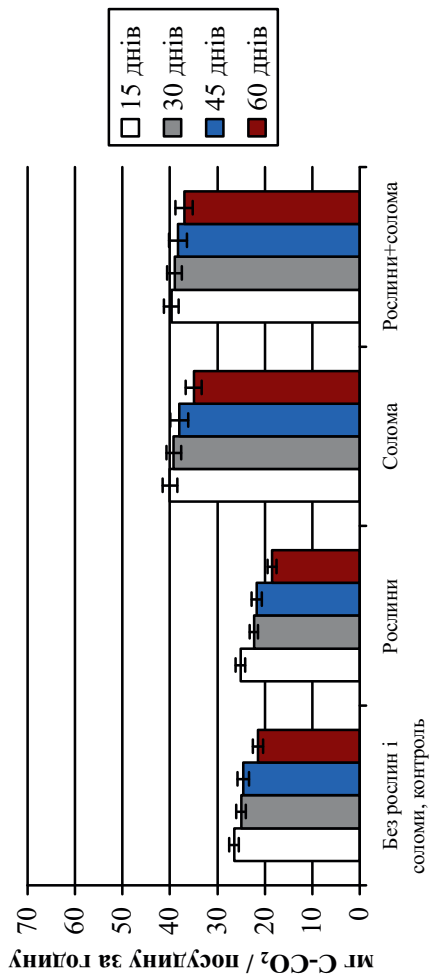
Інша ситуація складається за визначення вмісту лабільних форм гумусу. Так, можна констатувати, що кількість лабільного вуглецю зменшилася через 60 діб, якщо по-



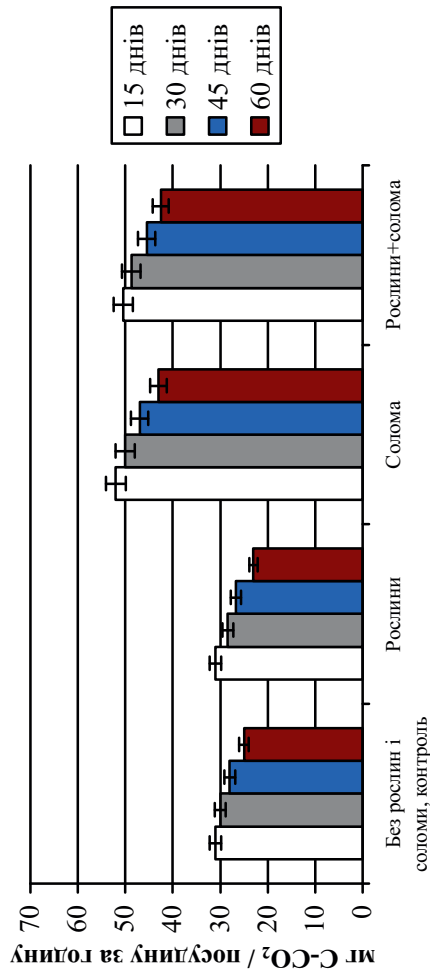


Без добрив

N<sub>26</sub>



N<sub>13</sub>



N<sub>13</sub>

N<sub>39</sub>

Рис. 4. Емісія CO<sub>2</sub> за моделювання в ґрунті дефіциту свіжої органічної речовини, її надходження та різних рівнів забезпечення мінеральним азотом.

Таблиця 3. Вміст вуглецю у ґрунті за моделювання умов дефіциту свіжої органічної речовини та різних рівнів забезпечення азотом

Варіанти дослідів	Вуглець загальний, %		Вуглець лабільний, мг/100 г ґрунту	
	на початку дослідів	наприкінці дослідів	на початку дослідів	наприкінці дослідів
Без добрив				
Без рослин і соломи, контроль	3,03	2,97	384	340
Рослини		2,95		319
Солома		3,01		354
Рослини + солома		3,05		356
N <sub>13</sub>				
Без рослин і соломи	3,03	2,91	384	302
Рослини		2,93		281
Солома		2,98		319
Рослини + солома		2,96		320
N <sub>26</sub>				
Без рослин і соломи	3,03	2,88	384	281
Рослини		2,88		253
Солома		2,93		298
Рослини + солома		2,90		294
N <sub>39</sub>				
Без рослин і соломи	3,03	2,85	384	250
Рослини		2,83		222
Солома		2,87		263
Рослини + солома		2,85		265
НІР <sub>05</sub> по досліді		0,18		20
для джерел вуглецю		0,09		10
для доз мінерального азоту		0,09		9

рівняти з вихідним значенням. Чітко просліджується зменшення показників як за контрольними варіантами дослідів, так і безпосередньо всередині блоків. Зокрема, вирощування рослин сприяє зменшенню вмісту лабільного вуглецю, соломи — деякому збільшенню. Поєднання двох джерел надходження вуглецю в систему — соломи і рослин (кореневих ексудатів) — не забезпечує вірогідних змін показників.

Досліджуючи вміст лабільних сполук гумусу в ґрунті, ми очікували зростання показників, виходячи з логіки мінералізації консервативних органічних сполук — якщо зменшується кількість вуглецю загального,

то повинен зрости вміст вуглецю лабільного. Проте вірогідне зменшення кількості лабільних сполук гумусу може свідчити, що саме вони були використані мікроорганізмами в процесі їх розвитку.

Як вже зазначалося, окремими авторами на основі тривалих польових дослідів вже давно зроблено висновок про зниження вмісту гумусу за постійного використання мінеральних добрив, проте цим лише констатується сам факт існування процесу дегуміфікації.

Крім цього, повідомляється про хімічні механізми впливу туків на зменшення вмісту гумусу в ґрунті. Так, зокрема, зазначається

[15], що як гідролітично лужні, так і фізіологічно кислі мінеральні добрива негативно впливають на вільні та неміцно зв'язані з  $R_2O_3$  гумінові та фульвокислоти за рахунок зростання в складі гумусу рухомих фракцій і спрощення структури гумусових кислот.

Повідомляється, що систематичне застосування мінеральних добрив спричиняє послаблення зв'язку гумусових кислот із  $Ca^{2+}$ , зменшує частку азоту в складі гумусових речовин, призводить до посилення рухомості та мінералізації складових частин гумусу [16; 17].

Т. І. Григора зазначає, що внесення до ґрунту лише мінеральних добрив призводило до посилення втрат ґрунтом  $Ca^{2+}$  і зростання у складі гумусу рухомих фракцій гумінових і фульвокислот [18]. Формування органічних сполук переважно типу фульвокислот за впливу мінеральних добрив також показано в дослідженнях інших авторів [19].

Є. С. Гасановою встановлено, що за дії мінеральних добрив змінюється будова, хімічні властивості молекул гумінових кислот у напрямі сильнішого розвитку бокових аліфатичних структур. За таких умов зменшується питома частка стійких бензойних фрагментів у гумусі незрілих (нестійких) гумусових кислот, які легше мінералізуються [20].

Водночас вплив біологічних чинників, зокрема мікроорганізмів, як таких, що здатні викликати біологічну дегуміфікацію ґрунтів за надлишку мінеральних сполук азоту і дефіциту свіжої органічної речовини в ґрунті, практично не вивчено. Наші дослідження доповнюють розуміння процесів мінералізації гумусу. Розвиток представників окремих груп мікроорганізмів, насамперед амоніфікаторів та бактерій, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, зростання емісії  $CO_2$  в ґрунті, позбавленому свіжої органічної речовини, свідчить, що в мінералізації гумусу за умов дефіциту свіжої органічної речовини та надмірному забезпеченні мінеральними сполуками азоту можуть брати участь і безпосередньо мікроорганізми.

**Висновки.** За дефіциту свіжої органічної речовини в ґрунті застосування мінеральних азотних добрив, особливо у значних кількостях, призводить до створення ситуації, коли мікроорганізми для забезпечення метаболічних потреб використовують вуглець консер-

вативних органічних сполук. Застосування мінеральних азотних добрив, не узгоджене з вмістом у ґрунті свіжої органічної речовини, призводить до порушення функціонування процесів мінералізації-синтезу. За такої умови можуть виникати значні екологічні ризики, оскільки мінеральний азот, з одного боку, сприяє росту урожайності сільськогосподарських культур, а з іншого, руйнуючи органічну складову ґрунтів, знижує їх родючість. У практичній площині, для запобігання таким наслідкам, екологічно обґрунтована система удобрення повинна передбачати систематичне надходження до ґрунтів свіжої органічної речовини для підтримання бездефіцитного балансу гумусу.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бацула О. О., Головачов Є. А., Дерев'яноко Р. Г. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / За ред. О. О. Бацули. К. : Урожай, 1987. 128 с.
2. Лыков А. М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М. : Россельхозиздат, 1982. 143 с.
3. Берестецкий О. А., Возняковская Ю. М., Доросинский Л. М. Биологические основы плодородия почвы. М. : Колос, 1984. 287 с.
4. Шевцова Л. К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном применении удобрений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / МГУ. Москва, 1989. 48 с.
5. Дебрук И., Фишбек Г., Кампе В. Зерновые культуры. Актуальные проблемы. М. : Колос, 1981. 127 с.
6. Jenkinson D. S. Organic matter and nitrogen in soils of the Rothamsted Classical Experiments. *J. Sc. Food Agr.* 1973. № 24. P. 1149–1150.
7. Waksman S. A. Soil microbiology. London : Chapman & Hall, Limited. 1952. 356 p. <https://doi.org/10.1002/jpln.19540660213>
8. Туев Н. А. Гумус в почвенном плодородии и микробиологические процессы его минерализации. *Тр. ВНИИСХМ.* 1984. Т. 54. С. 40–54.
9. Теплер Е. З., Шильникова В. К. Практикум по микробиологии. М. : Колос, 1979. 216 с.
10. Асеева И. В., Бабьева И. П., Бызов Б. А. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : МГУ, 1991. 304 с.
11. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М та ін.; за наук ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2010. 464 с.
12. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Метод визначення органічної речовини: [Чинний від

2004–04–30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.

13. ДСТУ 4732:2007. Якість ґрунту. Методи визначення доступної (лабільної) органічної речовини: [Чинний від 2008–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 15 с.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

15. Гомонова Н. Ф., Овчинникова М. Ф. Влияние длительного применения минерального удобрения и известкования на химические свойства, групповой и фракционный состав гумуса. *Агрохимия*. 1986. № 1. С. 85–90.

16. Мазур Г. А., Григора Т. І. Групо-фракційний склад і запаси гумусу в сірому лісовому ґрунті у зв'язку з інтенсивністю його використання. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва*. 2011. № 1. С. 178–181.

17. Мазур Г. А., Григора Т. І., Ткаченко М. А. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної мінералізації та системи удобрення. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2009. Вип. 1–2. С. 3–8.

18. Григора Т. І. Вплив агротехнологій на інтенсивність гумусоутворення в сірих лісових ґрунтах. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2006. Вип. 3–4. С. 7–12.

19. Цапко Ю. Л., Іванова В. І., Андрійченко О. А. Зміни якісного складу гумусу чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу під впливом різних систем добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1992. Вип. 54. С. 12–15.

20. Гасанова Е. С., Стекольников К. Е., Котов В. В. Фракционный и групповой состав гумуса чернозёма выщелоченного и его трансформация под влиянием агротехнических приёмов. *Доклады по экологическому почвоведению*. 2010. Вип. 13, № 1. С. 19–29.

Отримано 25.09.2018

UDC 579.64:631.427:631.452:631.86/87

## DEVELOPMENT OF MICROORGANISMS AND TRENDS OF BIOLOGICAL PROCESSES IN LEACHED CHORNOZEM UNDER SIMULATION OF DEFICIENCY OF THE FRESH ORGANIC MATTER AND THE INFLUENCE OF MINERAL NITROGEN

V. V. Volkohon, T. Yu. Brytan, O. V. Pyrih

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv  
e-mail: rifam@ukrpost.ua

**Objective.** Study the peculiarities of the development of microorganisms and trends of biological processes in the soil under the influence of mineral nitrogen under the conditions of simulation of the deficiency of fresh organic matter. **Methods.** Microbiological, agrochemical, gas chromatographic, statistical. **Results.** In the conditions of the vegetative experiment under the simulation of the deficiency of fresh organic matter (preparation of soil in accordance with the method of determining the content of humus) in the leached chernozem, the effect of increasing doses of mineral nitrogen on the dynamics of the number of representatives of certain ecological trophic groups of microorganisms and the course of soil-biological processes that accompany the mineralization of humus was studied. Nitrogen fertilizers, under given conditions, stimulate the development of ammonifiers, microorganisms that mainly utilize mineral compounds of nitrogen, denitrifiers, cellulolytic bacteria, activates biological nitrogen and carbon dioxide emission processes. In this case, the need for carbon to provide metabolic processes of microorganisms can meet only at the expense of destruction of humus compounds. When the fresh organic matter is introduced in the soil in the form of straw chopped to sawdust, as well as under the growth of barley, the activity of biological denitrification is reduced. At the end of the experiment, the content of total carbon in the soil has a clear tendency to decrease with increasing doses of mineral nitrogen – according to the variants: without fertilizers, control — 2.97 %, 13 mg N/kg of soil — 2.91 %, 26 mg N/kg — 2.88 %, 40 mg N/kg — 2.82 %, 53 mg N/kg — 2.78 %, 66 mg N/kg — 2.73 %, 79 mg N/kg — 2.68 %, 92 mg N/kg — 2.63 %, 105 mg N/kg — 2.58 %, 118 mg N/kg — 2.53 %, 131 mg N/kg — 2.48 %, 144 mg N/kg — 2.43 %, 157 mg N/kg — 2.38 %, 170 mg N/kg — 2.33 %, 183 mg N/kg — 2.28 %, 199 mg N/kg — 2.23 %, 216 mg N/kg — 2.18 %, 233 mg N/kg — 2.13 %, 250 mg N/kg — 2.08 %, 267 mg N/kg — 2.03 %, 284 mg N/kg — 1.98 %, 301 mg N/kg — 1.93 %, 318 mg N/kg — 1.88 %, 335 mg N/kg — 1.83 %, 352 mg N/kg — 1.78 %, 369 mg N/kg — 1.73 %, 386 mg N/kg — 1.68 %, 403 mg N/kg — 1.63 %, 420 mg N/kg — 1.58 %, 437 mg N/kg — 1.53 %, 454 mg N/kg — 1.48 %, 471 mg N/kg — 1.43 %, 488 mg N/kg — 1.38 %, 505 mg N/kg — 1.33 %, 522 mg N/kg — 1.28 %, 539 mg N/kg — 1.23 %, 556 mg N/kg — 1.18 %, 573 mg N/kg — 1.13 %, 590 mg N/kg — 1.08 %, 607 mg N/kg — 1.03 %, 624 mg N/kg — 0.98 %, 641 mg N/kg — 0.93 %, 658 mg N/kg — 0.88 %, 675 mg N/kg — 0.83 %, 692 mg N/kg — 0.78 %, 709 mg N/kg — 0.73 %, 726 mg N/kg — 0.68 %, 743 mg N/kg — 0.63 %, 760 mg N/kg — 0.58 %, 777 mg N/kg — 0.53 %, 794 mg N/kg — 0.48 %, 811 mg N/kg — 0.43 %, 828 mg N/kg — 0.38 %, 845 mg N/kg — 0.33 %, 862 mg N/kg — 0.28 %, 879 mg N/kg — 0.23 %, 896 mg N/kg — 0.18 %, 913 mg N/kg — 0.13 %, 930 mg N/kg — 0.08 %, 947 mg N/kg — 0.03 %.

39 mg N/kg — 2.85 %. **Conclusion.** Under the deficiency of fresh organic matter in leached chernozem, the depleted use of mineral nitrogen fertilizers, especially in large quantities, leads to the creation of a situation where microorganisms for the maintenance of metabolic needs use carbon-preservative organic compounds. The use of mineral nitrogen, not coordinated with the required amount of fresh organic matter, leads to the initiation of dehumidification processes. To prevent such effects, environmentally sound fertilizer systems for crops should include systematic entry of fresh organic matter into the soil.

Key words: humus, destruction of humus compounds, soil microorganisms, organic matter of soil.

## REFERENCES

1. Bacula, O. O. (Ed.). (1987). *Zabezpechennia bezdefitsytnoho balansu humusu v grunti* [Maintenance of a positive humus balance in the soil]. Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
2. Lykov, A. M. (1982). *Vosproizvodstvo plodorodniya pochv v nechernozemnoy zone* [Reproduction of soil fertility in the Nonchernozem zone]. Moskva: Rosselkhozizdat [in Russian].
3. Berestetskiy, O. A., Vozniakovskaia, Yu. M., & Dorosinskiy, L. M. (1984). *Biologicheskiye osnovy plodorodniya pochvy* [Biological basis of soil fertility]. Moskva: Kolos [in Russian].
4. Shevtsova, L. K. (1989). *Gumusnoie sostoyaniie i azotnyi fond osnovnykh tipov pochv pri dlitel'nom primenenii udobrenii* [The humus condition and the nitrogen fund of the main soil types while the long-term fertilizers application]. (Extended abstract of Doctoral thesis). MGU, Moskva, Russian [in Russian].
5. Debruk, I., Fishbek, G., & Kampe, V. (1981). *Zernovyye kultury. Aktualnyie problemy* [Cereal crops. Actual problems]. Moskva: Kolos [in Russian].
6. Jenkinson, D. S. (1973). Organic matter and nitrogen in soils of the Rorhamsted Classicol Experiments *J. Sc. Food Agr*, 24, 1149–1150.
7. Waksman, S. A. (1952). *Soil microbiology*. London: Chapman & Hall, Limited. <https://doi.org/10.1002/jpln.19540660213>
8. Tuyev, N. A. (1984). Gumus v pochvennom plodorodii i mikrobiologicheskiye protsessy yego mineralizatsii [Humus in soil fertility and microbiological processes of its mineralization]. *Tr. VNIISKHM*, 54, 40–54 [in Russian].
9. Tepper, E. Z., & Shil'nikova, V. K. (1979). *Praktikum po mikrobiologii* [Microbiology Manual]. Moskva: Kolos [in Russian].
10. Zviagintseva, D. G. (Ed.). (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: MGU [in Russian].
11. Volkogon, V. V. (Ed.). (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiologiya: monografiya* [Experimental soil microbiology : Monograph]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
12. DSTU 4289:2004. Yakist gruntu. Metod vyznachennia organichnoi rehovyny [The quality of the soil. Method of determination of organic matter], Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005 [in Ukrainian].
13. DSTU 4732:2007. Yakist gruntu. Metody vyznachennia dostupnoi (labilnoi) organichnoi rehovyny [The quality of the soil. Methods of determination of available (labile) organic matter], Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006 [in Ukrainian].
14. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy* [Methods of field experiment with the basics of statistical processing of research results]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
15. Gomonova, N. F., & Ovchinnikova, M. F. (1986). Vliianiie dlitel'nogo primeneniia mineral'nogo udobreniia i izvestkovaniuia na khimicheskiye svoystva, gruppovoi i fraktsionnyi sostav gumusa [The influence of longstanding application of mineral fertilizer and chalking on the chemical properties, group and fractional composition of humus]. *Agrokimiya*, 1, 85–90 [in Russian].
16. Mazur, G. A., & Grygora, T. I. (2011). Grupovo-fraktsiinyi sklad i zapasy humusu v siromu lisovomu grunti u zviazku z intensyvniuiu yogo vykorystannia [Group fraction composition and humus stocks in gray forest soil due to the intensity of its usage]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu im. V. V. Dokuchajeva*, 1, 178–181 [in Ukrainian].
17. Mazur, G. A., Grygora, T. I., & Tkachenko, M. A. (2009). Gumusnyi stan siroho lisovogo gruntu zalezho vid himichnoi mineralizatsii ta systemy udobrennia [Humus condition of gray forest soil depending on chemical mineralization and fertilization system]. *Zbirnyk naukovykh prats NNC «Instytut zemlerobstva UAAN»*, 1–2, 3–8 [in Ukrainian].
18. Grygora, T. I. (2006). Vplyv agrotekhnologii na intensyvniiu humusoutvorennia v sirykh lisovykh gruntakh [Influence of agrotechnologies on the intensity of humus formation in gray forest soils]. *Zbirnyk naukovykh prats NNC «Instytut zemlerobstva UAAN»*, 3–4, 7–12 [in Ukrainian].

19. Capko, Yu. L., Ivanova, V. I., & Andriichenko, O. A. (1992). Zminy yakisnogo skladu humusu chornozemu opidzolenoho Pravoberezhnoho Lisostepu pid vplyvom riznykh system dobryv [Changes in the qualitative composition of the humus of the black soil of the bleached Right-bank Forest-steppe under the influence of various fertilizer systems]. *Agrohimija i g'runtoznavstvo*, 54, 12–15 [in Ukrainian].

20. Gasanova, E. S., Stekolnikov, K. E., & Kotov, V. V. (2010). Fraktsionnyi i gruppovoi sostav humusa chernozioma vyshchelochnogo i yego transformatsiia pod vlianiem agrotekhnicheskikh priyomov [Fractional and group composition of humus of leached chernozem and its transformation under the influence of agrotechnical methods.]. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniiu*, 13(1), 19–29 [in Russian].

Received 25.09.2018