

УДК 631.872:631.842:631.4

П. П. Надточій

д. с.-г. н.

Т. М. Мислива

к. с.-г. н.

Державний агроекологічний університет

В. А. Трембіцький

Житомирський центр “Облдержродючість”

ЯКІСНИЙ СКЛАД ГУМУСУ І КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ НІТРИФІКАЦІЇ В ГРУНТАХ, ЩО ЗАЗНАЛИ РІЗНОГО СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Вивчено якісний склад гумусу і азотного фонду ґрунтів, підданих різному ступеню антропогенної дії. Встановлені закономірності накопичення $N-NO_3$ в ґрунті під впливом післядії добрив, внесення органічного матеріалу та хімічних меліорантів.

Постановка проблеми

Органічна речовина виконує ряд важливих функцій, пов'язаних зі стійким функціонуванням ґрунту в складі природних і сільськогосподарських екосистем [2]. Проте культурний ґрунтовірний процес суттєво змінив механізм її продукування, трансформування, переносу і мінералізації, викликав ряд негативних екологічних наслідків, що потребує детального вивчення з метою розробки відповідних заходів щодо їх усунення [10].

Теоретичне обґрунтування способів поліпшення родючості ґрунтів з урахуванням екологічної безпеки практично неможливе без вивчення впливу культури сучасного землеробства на гумусний стан і азотний фонд ґрунтів, та на кругообіг органічного вуглецю і азоту в системі ґрунт–рослина [3].

В останні десятиріччя продуктивність агроєкосистем значно знизилася завдяки значному зменшенню внесення органічних і мінеральних добрив, відчуженню із біологічного кругообігу надмірної кількості органічної речовини. Відбулися зміни в якісному складі гумусу і поживному режимі ґрунтів, і в першу чергу – в забезпеченні культурних рослин доступними сполуками азоту [8]. Зниження родючості ґрунтів має місце практично в усіх ґрунтово-кліматичних зонах країни, а отже потребує детального вивчення на регіональних рівнях.

В сучасній літературі налічується достатня кількість оглядової інформації щодо впливу добрив на гумусний стан чорноземних ґрунтів [9, 13, 14 та ін.] і лише поодинокі роботи щодо дії добрив та обробітку ґрунту на зміну якісного складу гумусу [12] і азотного фонду [17] дерново-підзолистих ґрунтів. Недостатньо публікацій і щодо динаміки нітратної форми азоту в ґрунтах, що зазнали різного ступеня антропогенного навантаження.

Накопичення нітратів у ґрунті в природних умовах завжди вважалося ознакою його сприятливого санітарного стану. Таке твердження базується на відповідності величини рН водного, концентрації і якісному складі водного розчину, ступені аерації, вологості і температури ґрунту для

оптимального проходження процесів нітрифікації і нормального розвитку культурних рослин [1].

Кінетика процесу нітрифікації безпосередньо носить біологічний характер і пов'язана з мінералізацією рослинних решток. В літературі існує ряд даних, що вказують на пряму залежність інтенсивності процесу нітрифікації від наявності органічної речовини в ґрунті [4, 5, 15 і ін.]. Так, дані Мітовської [18] свідчать, що за її відсутності або нестачі при нітрифікації втрати азоту складають основну витратну статтю азотного балансу ґрунту. Надто високий вміст нітратної форми азоту створюється і в результаті внесення високих доз азотних добрив або в умовах, коли швидкість звільнення доступного азоту при мінералізації органічної речовини перевищує швидкість його нагромадження рослинами. У свою чергу, при наявності в ґрунті надлишку органічної речовини втрати сполук азоту обумовлені леткістю азоту внаслідок посилення процесу денітрифікації [4].

Безумовно, що кількість нітратів, які в даний час знаходяться в ґрунті, є результуючою сумою показників цілого ряду взаємно протилежних процесів: нітрифікації, денітрифікації, поглинання нітратів рослинами і мікроорганізмами, вимивання мінерального азоту в нижчі шари ґрунту. Все це потребує подальшого детального вивчення.

Автори вважають, що шляхом проведення польових, вегетаційно-польових і модельних дослідів з урахуванням раніше отриманої інформації в довгострокових польових дослідженнях стає можливим визначити кінетичну сторону процесу трансформації органічної речовини ґрунту, змодельовати певні ґрунтові режими, а отже, і вплинути на продукційний процес агроєкосистем.

Об'єкти і методика досліджень. Об'єктами досліджень слугували закономірності якісних змін в гумусному стані і азотному фонді ґрунтів, що зазнали різного ступеня антропогенного навантаження. Вивченню підлягали зразки дерново-підзолистого ґрунту, чорнозему типового та лучно-чорноземного ґрунтів, які тривалий час знаходились під перелогами, і зразки цих же ґрунтів, що піддавались інтенсивному сільськогосподарському використанню (табл.1). Зокрема, в першому випадку зразки були відібрані в Інституті сільського господарства Полісся УААН у стаціонарному досліді (табл. 2), закладеному у 1982 році, де на фоні оранки вивчалися три варіанти дії добрив: контроль – без добрив (дослід 1), гній + 1 NPK (7,8 т/га гною +N50P68K77 на 1 га сівозмінної площі) (дослід 2) та гній +1,5 NPK у першій ротації та альтернативна система удобрення в другій ротації – 3,9 т/га гною + 1,1 т/га соломи + 3,3 т/га соломи (дослід 3). Лучно-чорноземний ґрунт був відібраний у 2002 році з 2 варіантів стаціонарної сівозміни Агрономічної дослідної станції НАУ “Митниця”: на контролі – варіант без внесення добрив (рис. 1) та на варіанті, де використовувалось внесення гною + 1,5 NPK (рис. 2). Стаціонар закладено в 1960 році. Зразки ґрунту були відібрані у 2002 році. Детальний опис ґрунтово-агрохімічних властивостей вказаних ґрунтових

відмін, а також схема стаціонарних дослідів і система удобрення в сіво-
змінах, де були відібрані ґрунтові зразки, наведений в роботах [7, 9, 16].

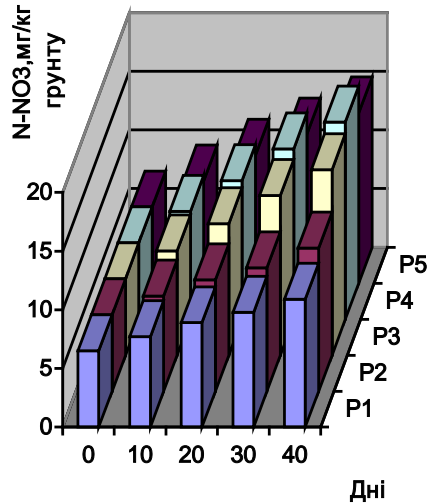


Рис. 1. Кінетика нагромадження нітратної форми азоту
в лучно-чорноземному ґрунті (дослід 1)

P1 – контроль без добрив; P2 – 2,5 соломи кг/ґрунту – фон; P3 – фон + 20 мг N/кг
ґрунту; P4 – фон +30 мг N/кг ґрунту; P5 – 20 мг N/кг ґрунту)

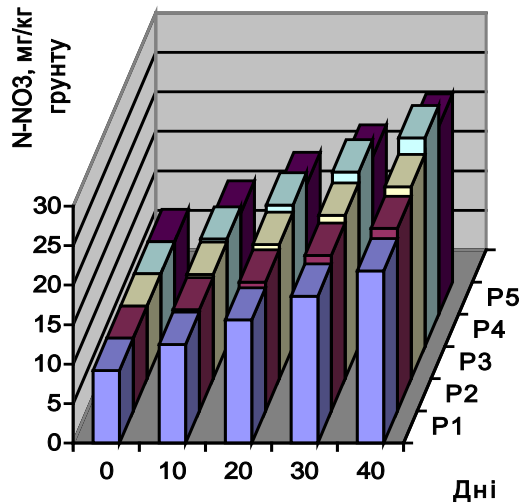


Рис. 2. Кінетика нагромадження нітратної форми азоту
в лучно-чорноземному ґрунті (дослід 2)

P1 – контроль без добрив; P2 – 2,5 соломи кг/ґрунту – фон; P3 – фон + 20 мг N/кг
ґрунту; P4 – фон +30 мг N/кг ґрунту; P5 – 20 мг N/кг ґрунту)

Для постановки модельних дослідів щодо вивчення кінетики процесу нітрифікації використовували сечовину і солому. Співвідношення C:N в складі соломи становило 54:1. Схема дослідів наведена в таблиці 2 та на рис. 1 і 2. Використання соломи в кількості 2,5–5,0 г/кг ґрунту відповідає 6,25–12,5 т/га, а 20–60 мг N/кг ґрунту – 45135 кг N/га. Таким чином, за схемою дослідів у розрахунок на одну тону соломи вноситься від 8 до 12 кг азоту.

У процесі досліджень зразки ґрунту піддавались аналізам за наступними методиками: органічний вуглець – за Тюрінім; органічний вуглець власне гумусових речовин і детритної частини гумусу – за Шпрінгером; азот органічних сполук – методом двоетапного кислотного гідролізу 0,5 н і 5 н H_2SO_4 , запропонованим Воробйовим у варіанті Шконде і Корольової [17]. Вміст загального азоту визначали за Кьельдалем і Іодльбауером, нітратний азот – за Грандваль–Ляжем. Компостування ґрунту, вологість якого становила 65 % від польової вологості, здійснювали при температурі 25 °С. Інкубаційний період накопичення нітратів складав 40 діб. N-NO₃ визначали через кожні 10 діб.

Під час постановки експерименту були враховані зауваження Лактіонова [6] щодо необхідності вивчення вмісту гумусу в ґрунтах, що знаходяться в інтенсивному сільськогосподарському використанні – застосовували більш чутливі методи аналізу, що дозволило наблизитися до виявлення агрономічного значення і сутності динаміки гумусового стану ґрунтів.

Результати досліджень

Для з'ясування причин трансформації органічної речовини ґрунтів, що знаходяться в інтенсивному сільськогосподарському використанні, важливо знати не тільки кількісні зміни загального вмісту органічного вуглецю і азоту, але і їх агрономічно цінні складові, зокрема, власне гумусові речовини ближнього і дальнього резервів азотного фонду (фракції азоту, що гідролізується і легко гідролізується).

Встановлено (табл. 1), що при абсолютному зниженні вмісту органічного вуглецю в ґрунтах, які знаходились в процесі інтенсивного використання у порівнянні з ґрунтами природних екосистем мають місце відносні зміни в складі власне гумусових речовин і детритної частини гумусу. В дерново-підзолистому ґрунті також спостерігається відносне зниження детритної частини гумусу. Значне підвищення власне гумусових речовин в умовах агроекосистем виявлене в лучно-чорноземному ґрунті. Подібна закономірність має місце і для чорноземів типових.

Таблиця 1. Характеристика органічної речовини ґрунтів

| Глибина відбору проб, см | Вуглець гумусу, % | Частка органічного вуглецю в складі груп гумусових речовин | | Загальний азот, мг/кг | $\frac{C}{N}$ | Форми азоту, % від загального вмісту | |
|--|-------------------|--|-------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------|
| | | власне гумусові речовини | детритна частина гумусу | | | що легко гідролізується | що гідролізується |
| Дерново-підзолистий ґрунт, переліг | | | | | | | |
| 0–20 | 0,69 | 63,2 | 36,8 | 626,5 | 11,1 | 12,6 | 50,4 |
| 20–30 | 0,47 | 71,3 | 28,7 | 358,3 | 13,1 | 13,8 | 50,0 |
| Контроль (без добрив) | | | | | | | |
| 0–20 | 0,57 | 74,3 | 25,7 | 589, 2 | 9,7 | 18,2 | 52,9 |
| 20–30 | 0,45 | 75,8 | 24,2 | 324,8 | 13,9 | 13,1 | 50,2 |
| 7,8 т/га гною + N50P68K77 на 1 га сівозмінної площі | | | | | | | |
| 0–20 | 0,65 | 71,6 | 28,4 | 704, 1 | 9,2 | 19,3 | 55,6 |
| 20–30 | 0,45 | 74,3 | 25,7 | 372,6 | 12,1 | 13,4 | 50,6 |
| 3,9 т/га гною + 1,1 т/га соломи + 3,3 т/га сидератів | | | | | | | |
| 0–20 | 0,67 | 70,2 | 29,8 | 685, 0 | 9,8 | 21,0 | 59,5 |
| 20–30 | 0,51 | 72,9 | 27,1 | 342,4 | 14,3 | 13,6 | 51,5 |
| Лучно-чорноземний ґрунт | | | | | | | |
| Контрольний варіант | | | | | | | |
| 0–25 | 2,62 | 82,2 | 17,8 | 1912 | 13,7 | 6,51 | 33,6 |
| Змішана система добрив (гній + 1,5 NPK) | | | | | | | |
| 0–25 | 3,0 | 74,5 | 25,5 | 2459 | 12,2 | 7,48 | 32,8 |
| Переліг | | | | | | | |
| 0–25 | 3,35 | 63,35 | 36,65 | 2289 | 14,6 | 6,22 | 31,7 |
| Чорнозем типовий легкосуглинковий слабогумусований | | | | | | | |
| Рілля | | | | | | | |
| 0–20 | 1,82 | 75,8 | 24,5 | 1805 | 10,1 | 7,93 | 37,23 |
| Лісова смуга | | | | | | | |
| 0–20 | 2,24 | 67,7 | 32,3 | 1853 | 12,1 | 7,05 | 36,25 |

З агроекологічної точки зору важливим показником якості гумусу слугує відношення загального вмісту органічного вуглецю до азоту. При широких межах цього співвідношення, азот у вигляді аміаку виділяється з ґрунту менш інтенсивно, а при дуже вузьких – навпаки, його втрати досягають значних розмірів. Оптимальним відношенням С до N для більшої частини ґрунтів, що знаходяться в сільськогосподарському використанні, прийнято вважати 10-12 : 1 [11]. Зазначений показник в орному шарі досліджуваних ґрунтів в агроекосистемах варіював у межах 9,2 -13,7 : 1 і був значно вужчим, ніж у ґрунтах, що знаходяться під природною рослинністю.

Таблиця 2. Вплив добрив на кінетику накопичення N-NO₃ в дерново-підзолистому ґрунті

| Варіант досліді | Вміст N-NO ₃ по періодам компостування, діб | | | | | Q* | I** |
|---|--|------|------|------|------|------|------|
| | на початок проведення досліді | 10 | 20 | 30 | 40 | | |
| | мг N/кг ґрунту | | | | | | |
| <i>Дослід 1</i> | | | | | | | |
| Контроль (без добрив) | 6,4 | 6,7 | 7,8 | 9,5 | 9,5 | 3,1 | 0,08 |
| 5 г соломи/кг ґрунту (фон) | 6,4 | 7,3 | 9,9 | 11,1 | 12,6 | 6,2 | 0,16 |
| Фон + 40 мг N/кг ґрунту | 6,4 | 8,5 | 18,6 | 26,5 | 30,2 | 23,7 | 0,59 |
| Фон + 40 мг N/кг ґрунту + 2 г CaCO ₃ / кг ґрунту | 6,4 | 10,2 | 19,1 | 25,6 | 31,6 | 25,2 | 0,63 |
| Фон + 60 мг N/кг ґрунту | 6,4 | 8,9 | 21,2 | 29,3 | 34,2 | 27,8 | 0,70 |
| 40 мг N/кг ґрунту | 6,4 | 8,0 | 15,9 | 23,1 | 29,8 | 23,4 | 0,59 |
| <i>Дослід 2</i> | | | | | | | |
| Контроль (без добрив) | 8,1 | 9,8 | 12,3 | 14,8 | 15,4 | 7,3 | 0,18 |
| 5 г соломи/кг ґрунту (фон) | 8,1 | 10,2 | 13,7 | 16,5 | 16,6 | 8,5 | 0,21 |
| Фон + 40 мг N/кг ґрунту | 8,1 | 12,3 | 21,4 | 23,9 | 35,2 | 27,1 | 0,68 |
| Фон + 40 мг N/кг ґрунту + 2 г CaCO ₃ / кг ґрунту | 8,1 | 17,1 | 24,4 | 27,9 | 37,4 | 29,3 | 0,73 |
| Фон + 60 мг N/кг ґрунту | 8,1 | 18,0 | 29,9 | 33,6 | 40,2 | 32,1 | 0,80 |
| 40 мг N/кг ґрунту | 8,1 | 11,4 | 22,9 | 29,0 | 32,8 | 24,7 | 0,62 |
| <i>Дослід 3</i> | | | | | | | |
| Контроль (без добрив) | 9,6 | 12,6 | 17,3 | 20,0 | 21,5 | 11,9 | 0,30 |
| 5 г соломи/кг ґрунту (фон) | 9,6 | 13,9 | 18,8 | 23,6 | 27,4 | 17,8 | 0,45 |
| Фон + 40 мг N/кг ґрунту | 9,6 | 14,4 | 21,4 | 27,2 | 38,3 | 28,7 | 0,72 |
| Фон + 40 мг N/кг ґрунту + 2 г CaCO ₃ / кг ґрунту | 9,6 | 19,8 | 29,6 | 35,5 | 42,7 | 33,1 | 0,83 |
| Фон + 60 мг N/кг ґрунту | 9,6 | 19,7 | 30,1 | 37,7 | 43,8 | 34,2 | 0,86 |
| 40 мг N/кг ґрунту | 9,6 | 17,3 | 25,9 | 28,9 | 35,1 | 25,5 | 0,64 |

Сума форм азоту, що легко гідролізуються, в орному шарі досліджуваних ґрунтів варіювала від загального його вмісту в межах 6,2 % – в лучно-чорноземному до 21,1 % у дерново-підзолистому ґрунтах. Слід зазначити, що сумісне систематичне внесення органічних і мінеральних добрив в дерново-підзолистому ґрунті значно підвищило як абсолютний вміст загального азоту, так і відносний вміст його фракції, що легко

* Q – запас нагромадженого N-NO₃ за період дослідження;

** I – Інтенсивність процесу нітрифікації, мг N /кг ґрунту за добу (I = Q : t).

Разбідність між показниками паралельних визначень вмісту N-NO₃ не перевищувало 1,0 мг N/кг ґрунту.

гідролізується. В цілому дерново-підзолисті ґрунти мають більший відносний відсоток фракції азоту, що гідролізується, ніж чорноземні.

Літературні джерела вказують на наявність тісної кореляційної залежності між інтенсивністю процесу нітрифікації ґрунту і кількістю енергетичного матеріалу [4, 5]. Експериментальні дані свідчать (табл. 2, рис. 1, 2), що нітрифікаційна здатність значною мірою залежить від типу ґрунту, вмісту в ньому детритно-гумусових речовин, кількості внесених азотних добрив. На інтенсивність накопичення $N-NO_3$ впливає і співвідношення C:N в складі органічної речовини ґрунту, а також внесення в нього соломи. Важливо також зазначити позитивну роль післядії внесення добрив як на дерново-підзолистих, так і на лучно-чорноземних ґрунтах. Так, в дерново-підзолистому ґрунті запас накопичення $N-NO_3$, викликаний цим фактором (дослід 3), був на 8,8 мг N /кг ґрунту вищим за такий, де не мала місце післядія добрив. Подібна закономірність виявлена і для лучно-чорноземного ґрунту. Позитивний ефект нагромадження азоту в усіх трьох дослідках на дерново-підзолистому ґрунті на фоні сумісного внесення соломи і азоту викликало також внесення вапна.

Процес нагромадження нітратного азоту тривав протягом всього періоду досліджень, проте його інтенсивність була найвищою, як правило, між десяти- і тридцятиденним періодом компостування. На фоні післядії добрив в дерново-підзолистому ґрунті інтенсивність накопичення $N-NO_3$ виявилася вищою, ніж в лучно-чорноземному. На підвищення нітрифікаційної здатності ґрунту в зразках, які відібрані на удобрених варіантах дослідів, у порівнянні контролем, на наш погляд, вплинула додаткова дія енергетичного матеріалу у вигляді детритної частини гумусу і форми азоту, що легко гідролізуються.

Висновки

1. Інтенсивне сільськогосподарське використання дерново-підзолистих і лучно-чорноземних ґрунтів призводить до суттєвого зниження вмісту в них гумусу та азоту, а також змін в їх груповому та фракційному складі в порівнянні з аналогами ґрунтів, що знаходяться в стані природних екосистем.

2. Зменшення вмісту органічного вуглецю в складі гумусу викликано більш інтенсивною мінералізацією детритної його частини, ніж власне гумусових речовин.

3. Ґрунти природних екосистем характеризуються більш високим відносним вмістом фракції азоту, що не підлягає гідролізу.

4. Виявлено суттєве збільшення інтенсивності нітрифікації в ґрунтах сільськогосподарських екосистем при внесенні органічної речовини у вигляді соломи в поєднанні з мочевиною. Нітрифікаційну здатність на дерново-підзолистих ґрунтах підсилювало додаткове внесення вапна.

Напрямок подальших досліджень має бути зосереджений на вивченні закономірностей процесу нітрифікації в дерново-підзолистих ґрунтах в умовах стаціонарних дослідів при запровадженні коротко ротаційних сівозмін з помірними нормами внесення мінеральних добрив і обов'язковим вирощуванням сидеральних культур.

Література

1. *Возбуцкая А. Е.* Химия почв. – Изд. 3-е. М.: Высшая школа, 1968. – 427 с.
2. *Добровольский Г. В., Никитин Е. Д.* Экологические функции почв. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 356 с.
3. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. – М.: изд-во МСХА, 1993. – С. 34–69.
4. *Кудеяров В. Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений – М.: Наука, 1989. – 216 с
5. *Кук Дж. У.* Регулирование плодородия почвы. Пер. с англ. Э. И. Шконде. – М.: Колос, 1970. – 520 с.
6. *Лактионов Н. И.* Агрономический смысл трансформации гумуса в пахотных черноземах. Лекция. – Харьков, 1981. – 36 с.
7. *Лисовал А. П.* Эффективность средств химизации в зерново-свекловичном севообороте Лесостепи Украины // Экологическое обоснование системы удобрений в севооборотах Лесостепи Украины. Сб. научн. трудов. Киев. Изд-во УСХА. 1994. – С. 22–28.
8. *Лисовий М. В.* Застосування мінеральних добрив та відновлення родючості ґрунтів в умовах сухого землеробства // Вісник аграрної науки. – 1998. – № 3. – С. 15–19.
9. *Надточий П. П.* Содержание и состав гумуса в лугово-черноземной почве при длительном применении удобрений в севообороте // Повышение плодородия почв. Сборник научных трудов. – Киев. – 1982. – С. 47–54.
10. *Надточий П. П.* Агроєкологічний стан ґрунтів Лісостепу України, вдосконалення управління їх родючістю і продуктивністю агроценозів. – Автореф. дис. д. с.-г. н. – Харків, 1998. – 32 с.
11. *Орлов Д. С.* Химия почв. – М.: изд-во Московского ун-та, 1985. 376 с.
12. *Стрельченко В. П., Бовсуновський А. М., Налапко М. В., Журавель С. В.* Вплив рослинних решток в орному шарі ґрунту на продуктивність сівозміни // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 3. – С. 9–11.
13. *Тейт Р. Ш.* Органическое вещество почвы. – М.: Мир, 1991. – 156 с.
14. *Титова Н. А., Козут Б. М.* Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном освоении почв / Итоги науки и техники. – Том 8. – М.: ВИНТИ, 1991. – 156 с.
15. *Томпсон Л. М., Троу Ф. П.* Почвы и их плодородие. Пер. с англ. Э. И. Шконде. – М.: Колос, 1982. – 464 с

16. *Трембіцький В. А.* Азотний режим дерново-підзолистих ґрунтів і його зміна під впливом обробітку і застосування добрив / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (до 100-річчя з дня народження докт. С.-г. Наук Лубовського М.П.) Луганськ. – Вид. ЛНАУ, 2003. – С. 349–355.
 17. *Шконде Э. И., Королева Е. И.* О природе и подвижности почвенного азота // Агрохимия, 1964. – № 10. – С. 17–36.
 18. *Mitovska R.* Nitrogen losses in the process of nitrification // Proc 1X World Fertil. Congr. CIEC held on June. 11-16, 1984. Budapest. Goettingen. 1985. – Vol. 2. – P. 315.
-
-