

УДК:632.82:631.417.2:631.445.25:631.559:633.1/.3

*Л.В. Смішна-Старинська, аспірант ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

## ВПЛИВ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ФРАКЦІЙНО-ГРУПОВИЙ СКЛАД ГУМУСУ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР

Висвітлено питання довготривалого (45 років) впливу різних доз і співвідношення мінеральних добрив на якісні зміни гумусу і продуктивність сільськогосподарських культур в ланці зерно-просапної сівозміни на сірому лісовому ґрунті. Запаси гумусу в шарі ґрунту 0-20 і 20-40 см за цей період при застосуванні мінеральних добрив були вищі в порівнянні з контролем, також покращився його якісний склад. Під дією мінеральних добрив продуктивність культур зростала.

**Ключові слова:** гумус, гумінові кислоти, фульвокислоти,  $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$  – відношення вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот,  $E_4:E_6$  – відношення оптичної щільності гумінових кислот при довжині хвилі  $E_4$  440,  $E_6$  – 670 нм, з.о. – зернові одиниці.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Важливим інтегральним показником родючості ґрунтів є вміст в них не тільки загального, а й якісного складу гумусу. При інтенсивному веденні землеробства роль гумусу в родючості ґрунтів збільшується. Органічна речовина забезпечує більш високий і стабільний рівень живлення рослин і за рахунок збільшення ємкості ґрунту створює умови для акумуляції та рівномірного розподілу поживних речовин, що вносяться з добривами, підтримує оптимальний режим живлення. Загальноприйнятим засобом покращення гумусового стану ґрунтів є систематичне внесення органічних і органо-мінеральних добрив, вапнування та вирощування багаторічних трав у сівозміні [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Для створення бездефіцитного балансу гумусу і покращення його якісного складу в орному шарі ґрунту вважається обов'язковим застосування органічних добрив. Як відомо, сьогодні в Україні різко скоротилося поголів'я ВРХ і надходження органічних добрив скоротилося. У більшості фермерських господарств замість гною вносять мінеральні добрива. Але як діють мінеральні добрива на гумусовий стан ґрунтів – це дискусійне питання.

Про вплив мінеральних добрив на вміст гумусу в ґрунті немає єдиної думки. Одні автори признають позитивну роль мінеральних добрив в накопиченні гумусу в ґрунті [2, 3], інші – тільки при умові поєднання їх з вапнуванням [4-6]. Ще є думка про те, що мінеральні добрива без вапнування ґрунтів збільшують рухомість органічної речовини, а застосування сполук кальцію на фоні мінеральних добрив дещо послаблює її рухомість [7]. Також відмічається сезонна зміна рухомої органічної речовини [8]. Як видно, мінеральні добрива незалежно від ґрунтів практично не можуть створити позитивний баланс гумусу та покращити його якісний склад. Але якщо в сівозміні, де 80% культур суцільного посіву та хоча б одне поле з багаторічними бобовими травами, втрат гумусу практично не буває, його вміст підтримується на вихідному рівні. Це стосується якості гумусу та відношення  $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ . Існує думка, що мінеральні добрива не в змозозі покращити якість гумусу в більшості випадків [9, 10].

Отже, розв'язання питання про вплив мінеральних добрив на гумусовий стан ґрунту на сьогодні є дуже актуальним як для науки, так і для виробництва.

**Мета досліджень** полягає в тому, щоб подальше розкрити вплив мінеральних добрив при їх довготривалому застосуванні на зміни загального гумусу та фракційно-групового складу на сірому лісовому ґрунті в зерно-просапній сівозміні. Дослідження по цьому питанню розкриває ще одну сторону по впливу мінеральної системи удобрення на гумусовий стан ґрунту, що дасть змогу більш чіткіше визначити як впливають мінеральні добрива на гумусовий стан та його якість і урожайність культур сівозміни.

**Умови, методика і техніка проведення досліджень.** Дослідження проводили у стаціонарному досліді відділу агрохімії і фізіології рослин ННЦ «Інститут землеробства НААН», закладеному 1961 року на сірому лісовому пилювато-легкосуглинковому ґрунті, де вивчали вплив мінеральних добрив на його родючість. Сівозміна в досліді десятипільна зерно-просапна – типова для зони. Посівна площа ділянки – 100 м<sup>2</sup>, облікова – 50 м<sup>2</sup>. Повторення 4-разове, в натурі дослід розгорнуто на 3-х полях. На першому полі дослід упродовж трьох років (2004-2006) вирощували ярий ячмінь, конюшину та озиму пшеницю. Варіанти досліду: 1 – контроль (без добрив); 4 – при внесенні на 1 га сівозмінної площі N<sub>33</sub>P<sub>30</sub>K<sub>34</sub> кг/га д.р.; II – N<sub>66</sub>P<sub>60</sub>K<sub>68</sub>; 3 – при внесенні N<sub>99</sub>P<sub>90</sub>K<sub>102</sub> на 1 га сівозмінної площі.

Відбір зразків ґрунту проводили з облікової площі ділянки в 10-ти точках так, що практично один шурф охоплював 5 м<sup>2</sup> ділянки, на глибину орного (0-20 см) і підорного шарів ґрунту (20-40 см). Підготовку ґрунту до аналізу проводили згідно методики Аринушкина Е.В. [11]. Вміст вуглецю в ґрунті визначали за Нікітіним В.А. і Фішманом В.Я. [12], фракційно-груповий склад гумусу – за схемою І.В. Тюріна в модифікації В.В. Пономаревої і Т.А. Плотнікової [13].

Фізико-хімічні показники ґрунту на варіантах з мінеральним фоном характеризувалися такими показниками: рН<sub>ккл</sub> – 5,07-5,51, що ближче до середньокислого стану ґрунту, гідролітична кислотність – 1,18-1,85 мг-екв./100 г ґрунту, сума ввібраних основ – 8,79-9,50 мг-екв./100 г ґрунту. На контрольному варіанті: рН<sub>ккл</sub> – 5,43; гідролітична кислотність – 1,19 мг-екв./100 г ґрунту і сума ввібраних основ – 9,50 мг-екв./100 г ґрунту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Відомо, що гумусові речовини ґрунту не є індивідуальними хімічними з'єднаннями, а представляють собою гетерогенну систему органічних речовин складної будови. Органічним речовинам відводиться велика роль в забезпеченні рослин всім необхідним (вуглекислотою, елементами живлення), в ґрунті вони створюють його кращу структуру, приймають активну участь у фізіологічних і біохімічних процесах рослин, підтримуючи «життєвий тонус».

Систематичне застосування мінеральних добрив протягом 45-ти років, залежно від доз їх внесення, істотно вплинуло на гумусовий стан ґрунту та якісний склад як орного, так і підорного шарів ґрунту.

На контрольному варіанті (без добрив) в орному шарі ґрунту сума фракцій гумінових кислот становила 24,92%. Із цієї кількості гумінових кислот найбільший процент відводиться фракції № 2, яка в основному зв'язана з кальцієм. А фракція № 1 вільна та зв'язана з рухомими півокислами та № 3 зв'язана з глинистими фракціями і стійкими півокислами (табл. 1).

Таблиця 1

### Зміни складу гумусу під впливом мінеральних добрив (С, % до загального С ґрунту)

| № варіанта | Шар ґрунту, см | Загальний С в ґрунті, % | Фракції г.к. |      |      |       | Фракції ф.к. |      |       |       |       | Сума фракцій г.к. + ф.к., % | г.к. ф.к. | Нерозчинний залишок, % | Σ 4 : Σ 6 г.к. |
|------------|----------------|-------------------------|--------------|------|------|-------|--------------|------|-------|-------|-------|-----------------------------|-----------|------------------------|----------------|
|            |                |                         | 1            | 2    | 3    | сума  | 1а           | 1    | 2     | 3     | сума  |                             |           |                        |                |
| 1          | 0-20           | 0,606                   | 7,09         | 9,91 | 7,92 | 24,92 | 4,45         | 7,60 | 13,35 | 9,90  | 35,30 | 60,22                       | 0,70      | 39,78                  | 4,04           |
|            | 20-40          | 0,448                   | 3,35         | 9,37 | 7,73 | 20,45 | 5,13         | 9,16 | 14,15 | 10,49 | 38,93 | 59,38                       | 0,52      | 40,62                  | 3,03           |
| 4          | 0-20           | 0,683                   | 9,22         | 9,66 | 8,49 | 27,37 | 3,95         | 6,74 | 10,54 | 9,08  | 30,31 | 57,68                       | 0,90      | 42,32                  | 4,13           |
|            | 20-40          | 0,527                   | 6,26         | 8,16 | 7,59 | 22,01 | 4,36         | 6,08 | 14,41 | 8,35  | 33,20 | 55,21                       | 0,66      | 44,79                  | 3,04           |
| II         | 0-20           | 0,724                   | 12,02        | 8,84 | 9,25 | 30,11 | 3,73         | 6,06 | 12,15 | 10,22 | 32,16 | 62,27                       | 0,94      | 37,73                  | 4,19           |
|            | 20-40          | 0,577                   | 7,45         | 8,15 | 6,58 | 22,18 | 4,51         | 5,72 | 13,17 | 9,53  | 32,93 | 55,11                       | 0,67      | 44,89                  | 3,12           |
| 3          | 0-20           | 0,709                   | 10,44        | 9,73 | 7,90 | 28,07 | 4,09         | 7,76 | 9,16  | 8,60  | 29,61 | 57,68                       | 0,95      | 42,32                  | 4,26           |
|            | 20-40          | 0,525                   | 6,99         | 7,38 | 7,56 | 21,93 | 6,10         | 7,56 | 11,34 | 7,75  | 32,75 | 54,68                       | 0,67      | 45,32                  | 2,81           |

Щодо фульвокислот, то видно, що їх сума становить 35,3% до загального вуглецю ґрунту. Достатньо великий процент займає фракція № 2, яка зв'язана з організацією гумінових кислот № 2. Біля 9,9% займає фракція № 3, яка зв'язана з фракцією № 3 гумінових кислот. Сума цих фракцій

(гумінових і фульвокислот) становить 60,22% відповідно до загального вуглецю ґрунту. При цьому відношення  $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$  становить 0,70, що вказує на гуматно-фульватний тип утворення гумусу.

Отримані дані свідчать про те, що довготривале застосування мінеральних добрив має певний вплив не тільки на загальний вуглець в ґрунті, але й на груповий і фракційний склад гумусу. Найбільш чіткіші зміни спостерігалися у відношенні групи гумінових кислот на варіанті II, де вносили  $N_{66}P_{60}K_{68}$  в орному і підорному шарах ґрунту відносно сумарний вміст гумінових кислот збільшився до 20,8-(8,45%) в порівнянні з контролем.

Збільшення гумінових кислот відбувається при поступовому збільшенні внесення мінеральних добрив, починаючи від одинарної дози мінеральних добрив (вар. 4)  $N_{33}P_{30}K_{34}$  і до (вар. 3)  $N_{99}P_{90}K_{102}$ . Але при застосуванні мінеральних добрив ( $N_{99}P_{90}K_{102}$ ) помітно зменшувалась кількість гумінових кислот за рахунок 1-ї та 3-ї фракцій орного шару ґрунту. У підорному шарі ґрунту зниження відбулося за рахунок усіх трьох фракцій. За рахунок змін фракцій гумінових кислот загальна сума їх зменшилась на 6,78% в орному шарі ґрунту та на 1,13% – в підорному по відношенню до дози мінеральних добрив  $N_{66}P_{60}K_{68}$  (вар. II). Але по всіх варіантах з мінеральними добривами кількість гумінових кислот була більшою по відношенню до контролю в основному за рахунок фракцій № 1 та № 2.

Щодо фульвокислот, то теж спостерігається їх зменшення на варіантах з мінеральними добривами по відношенню до контролю. Найменша кількість фульвокислот відмічається на вар. 3 орного шару ґрунту. У підорних шарах ґрунту на всіх варіантах, за виключенням контролю, кількість фульвокислот практично була на одному рівні.

Отже, зміни групового фракційного складу відбувалися за рахунок груп гумінових кислот. Покращення якості гумусу спостерігається на всіх варіантах з добривами, але найкраще відношення  $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$  маємо на варіанті II при внесенні  $N_{66}P_{60}K_{68}$ , яке становить в орному шарі ґрунту 0,94 та у підорному – 0,67. Незважаючи на покращення гумусу у варіантах на фоні мінеральних добрив по відношенню до контролю, все ж тип утворення гумусу був гуматно-фульватним.

Більш чіткіші зміни фульвокислот до їх зменшення відбувалися за рахунок агресивної форми 1а та фракції 1.

Як свідчать дані табл. 1, мінеральні добрива по відношенню до контролю краще впливають на формування якісного складу гумусу і підтримують його на певному рівні. Відомо, що гуміфікація органічних решток на сірих лісових ґрунтах відбувається в умовах достатньо високої біологічної активності, що пояснюється багатством мікрофлори та сприятливими температурними умовами і зволоження протягом літнього періоду. Такі умови забезпечують достатньо високу гуміфікацію рослинних залишків з переважним утворенням гумінових кислот, особливо в орному шарі ґрунту.

Вміст нерозчинного залишку в складі гумусу при дозі добрив  $N_{33}P_{30}K_{34}$  (вар. 4) дещо підвищується, а з поступовим підвищенням доз добрив починається його зменшення в орному шарі ґрунту, у підорному шарі ґрунту спостерігається зворотна дія. Зменшення нерозчинного залишку відбулося у варіанті II при дозі добрив  $N_{66}P_{60}K_{68}$  внаслідок посиленого розкладу органічних решток. При цій системі удобрення відмічається найбільша кількість гумінових кислот, в тому числі фракції № 1 – найбільш рухомої, що дає змогу зробити висновок, що при цій дозі добрив збільшується рухомість гумусу, який сприяє переходу від більш стабільних форм до рухомих.

Для характеристики оптичних властивостей використано співвідношення екстикцій E при довжині хвиль 440 і 670 нм ( $E_4:E_6$ ), так званий коефіцієнт колірності. Це відношення вказує на ступінь конденсованості сіток вуглецевих атомів у гумінових кислотах і роль молекул бічних аліфатичних ланцюгів, що є характерним показником для гумінових кислот ґрунтів. Дані табл. 1 показують, що лісовий ґрунт при різній системі удобрення характеризується достатньо високим коефіцієнтом колірності орного шару ґрунту (4,04-4,26). Але ці незначні величини можна пояснити, що ґрунт у нас один і великих розбіжностей не може бути, тільки в різних ґрунтах ці величини можуть бути різними. Підорний шар по співвідношенню  $E_4:E_6$  має значно менше значення в порівнянні з орним шаром ґрунту і воно теж практично має однакове співвідношення. Показ-

ники оптичної щільності гумінових кислот – критерій оцінки гумінових кислот – свідчать про те, що гумус сірих лісових ґрунтів при застосуванні мінеральних добрив має більшу схожість з гумусом зонального ґрунту. При цьому ароматична молекула гумінових кислот і її гідрофільні властивості теж змінюється не на значну величину.

У специфічних погодних умовах (2004-2006 рр.), які відзначалися по температурному режиму (збільшення посушливих періодів), встановлено вплив мінеральних добрив на формування урожайності культур ланки сівозміни (табл. 2). При внесенні мінеральних добрив урожайність усіх культур була вищою в порівнянні з контролем (без добрив). Найвища урожайність ярого ячменю і конюшини досягнута у варіанті 3 по відношенню до контролю (відповідно 3,641 та 30,15 т/га. Але якщо порівняти з варіантом II, то ця прибавка урожаю недостовірна. Щодо озимої пшениці, то найвищий урожай зерна (3,5 т/га) отримано (вар. II) при внесенні мінеральних добрив  $N_{66}P_{60}K_{68}$ .

Таблиця 2

**Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на продуктивність культур ланки сівозміни, ц/га**

| № варіанта         | Удобрення на 1 га сівозмінної площі | Урожайність         |       |                          |       |                     |       | Продуктивність, ц/га з.о. |                     |        |                     |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------|-------|---------------------------|---------------------|--------|---------------------|
|                    |                                     | ярий ячмінь         |       | конюшина на зелений корм |       | озима пшениця       |       | основна                   | приріст до контролю | валова | приріст до контролю |
|                    |                                     | 2004-2006 рр.       |       | 2005-2006 рр.            |       | 2006 р.             |       |                           |                     |        |                     |
| НПК, кг/га Д.Р.    | ц/га                                | приріст до контролю | ц/га  | приріст до контролю      | ц/га  | приріст до контролю |       |                           |                     |        |                     |
| 1                  | Без добрив                          | 17,72               | -     | 225,75                   | -     | 23,23               | -     | 23,76                     | -                   | 27,24  | -                   |
| 4                  | $N_{33}P_{30}K_{34}$                | 31,68               | 13,96 | 268,25                   | 42,50 | 27,88               | 4,65  | 31,15                     | 7,39                | 36,21  | 8,97                |
| II                 | $N_{66}P_{60}K_{68}$                | 34,60               | 16,88 | 285,63                   | 59,88 | 35,0                | 11,77 | 35,18                     | 11,42               | 40,09  | 12,85               |
| 3                  | $N_{99}P_{90}K_{102}$               | 36,41               | 18,69 | 301,50                   | 75,75 | 33,13               | 9,90  | 35,83                     | 12,07               | 41,7   | 14,46               |
| НІР <sub>0,5</sub> |                                     | 2,26                |       | 26,10                    |       | 2,25                |       |                           |                     |        |                     |

При перерахунку в зернові одиниці сумарна продуктивність основної продукції ланки сівозміни на контрольному варіанті становила 23,76 ц/га з.о. За рівня добрив  $N_{33}P_{30}K_{34}$  приріст урожаю становив до контролю 7,39 ц/га з.о. (31,10%), при внесенні мінеральних добрив  $N_{66}P_{60}K_{68}$  – 11,42 ц/га з.о. (48,06%) і при внесенні  $N_{99}P_{90}K_{102}$  – 12,47 ц/га з.о. (50,80%). Подальше підвищення доз мінеральних добрив (вар. 3) підвищувало продуктивність на 0,65 ц/га з.о. (5,69%) в порівнянні з варіантом II, що в межах похибки. Така доза мінеральних добрив не знижувала продуктивність культур, але була перевитрата мінеральних добрив, яка не виправдовується їх врожаєм.

**Висновки.** Довготривале застосування мінеральних добрив на сірому лісовому ґрунті сприяє певному покращенню гумусового стану ґрунту та його якісного складу. Так, при поступовому збільшенні доз мінеральних добрив спостерігається підвищення вмісту гумінових кислот та зменшення фульвокислот по відношенню до контролю. Кількість гумінових кислот в основному збільшується за рахунок рухомої фракції та фракції, що зв'язана з глинистою фракцією і стійкими півокислами орного шару ґрунту. У підорному цей процес проявлений у меншій мірі в порівнянні з орним шаром, але закономірність та ж.

Щодо фульвокислот, то теж відбувалися зміни під дією добрив за рахунок зменшення фракцій 1а, 1 та 2. У зв'язку з цим змінюється відношення  $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ , але при цьому відношення становить 1, що характеризує формування гумусу гуматно-фульватного типу. Кращим варіантом у формуванні гумусового стану і його якісного складу виявився вар. II, де на 1 га сівозмінної площі вносили  $N_{66}P_{60}K_{68}$ . При цьому формується кращий урожай у порівнянні з іншими дозами мінеральних добрив.

## Список використаних джерел

1. Кононова М.М. Органическое вещество почвы: его природа, свойства и методы изучения. / Кононова М.М. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
2. Перепелица В.М. Роль органических и минеральных удобрений в накоплении гумуса почвы. // Почвоведение. – 1974. – № 3. – С. 29-37.
3. Шугля З.М., Корягина Л.А. Влияние длительности применения навоза и минеральных удобрений на свойства почвы и продуктивность севооборота. // Агрохимия. – 1980. – № 5. – С. 51-54.
4. Прудников В.А., Шкель М.П., Ращенья Н.С. Влияние длительного применения удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы. // Агрохимия. – 1982. – № 10. – С. 49-58.
5. Гомонова Н.Ф., Овчинников М.Ф. Влияние длительного применения минеральных удобрений и известкования на химические свойства грунтовой и фракционный состав гумуса дерново-подзолистой почвы. // Агрохимия. – 1986. – № 1. – С. 85-90.
6. Буджерак А.І., Кривда Ю.І. Азотний стан і гумусний стан чорноземів реградованих при різних рівнях застосування добрив. // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 9. – С. 15-19.
7. Пономарева Л.М., Шелар И.А. О подвижности органического вещества темно-серой лесной почвы в условиях интенсивного применения удобрений. // Агрохимия и почвоведение. – 1983. – № 46. – С. 7-10.
8. Нестеров Г.І., Макарчук О.Л. Рухомість органічних речовин в чорноземі типовому. // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 2. – С. 17-20.
9. Тараріко Ю.О. Гумусовий стан дерново-підзолистого ґрунту та еколого-енергетична ефективність органічних і мінеральних добрив на Поліссі // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 7. – С. 5-9.
10. Тараріко Ю.О., Глуценко Л.Д. Вплив систематичного застосування органічних і мінеральних добрив на біологічні процеси та гумусний стан чорнозему типового. // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 11. – С. 18-20.
11. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. / Аринушкина Е.В. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – С. 95-100.
12. Никитин Б.А., Фишман В.Я. Об усовершенствовании метода определения углерода в почве. // Химия в сельском хозяйстве. – 1969. – № 3. – С. 76-77.
13. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Определение группового и фракционного состава гумуса по схеме И.В. Тюрина, в модификации Пономаревой В.В. и Т.А. Плотниковой. В кн.: Агрохимические методы исследования почв. Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Наука, 1975. – С. 47-55.

**Аннотация.** Освещен вопрос длительного (45 лет) влияния различных доз и соотношений минеральных удобрений на качественные изменения гумуса и продуктивность сельскохозяйственных культур у звене зернопропашного севооборота на серой лесной почве. Запасы гумуса в горизонтах почвы 0-20 и 20-40 см за исследуемый период при внесении минеральных удобрений были более высокие по сравнению с контролем. При этом улучшилось его качественное состояние.

**Ключевые слова:** гумус, гумусовые кислоты, фульвокислоты,  $C_{z.k.}:C_{ф.к.}$  – отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот,  $E_4:E_6$  – отношение оптической плотности гуминовых кислот при длине волны  $E_4$  440,  $E_6$  – 670 нм, з.е. – зерновые единицы.

**Summary.** The article highlights the issue of long-term (45 years) the effects of various doses and ratios of mineral fertilizers on the quality changes of humus and crop productivity in the link of crop rotation on a gray forest soil. Reserves of humus in the soils layer 0-20 and 20-40 cm during the study period when you the use of mineral fertilizers were higher in comparison with the control at the same time also improved of his quality.

**Keywords:** humus, humic acid, fulvic acid,  $C_{z.k.}:C_{ф.к.}$  – the ratio carbon of humic acid to carbon of fulvic acid,  $E_4:E_6$  – Ratio of optical density of humic acid depending of the waves  $E_4$  – 440,  $E_6$  – 670 nm, c.u. – cereals unit.