

Дубовий О.В., аспірант (Інститут агроекології і економіки природокористування НААН України, м. Київ)

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТУ ПІД ОЗИМОЮ ПШЕНИЦЕЮ БАГАТОРІЧНОГО СТАЦІОНАРНОГО ДОСЛІДУ

Показано, що систематичне внесення органічних, органо-мінеральних і мінеральних добрив в довготривалому стаціонарному досліді за 90-річний період сприяє накопиченню важких металів (Cu, Ni, Zn) у ґрунті у варіанті N₁₂₀ P₈₀ K₈₀ по попереднику кукурудза на силос, а по попереднику горох вміст Ni перевищує гранично допустимі норми.

It is shown that a systematic adding of organic and organo-mineral and just mineral fertilizers during long-term controlled experiments over a period of 90 years facilitates accumulation of heavy metals (Cu, Ni, Zn) in the soil under option N₁₂₀ P₈₀ K₈₀ according to its predecessor – corn as silage, and another predecessor peas contains a high amount of Ni and significantly goes beyond the allowed range margins of its.

Постановка проблеми. Значення мінеральних добрив в сільськогосподарському виробництві рослинницької продукції є очевидним.

За умов сучасного господарювання в землеробстві Київської області склалась тенденція до погіршення екологічного стану ґрунтів внаслідок порушення балансу поживних речовин у малому біологічному кругообігу [1].

Відомо, що, крім діючої речовини, мінеральні добрива містять певну кількість мікроелементів, а також баласт (породу), до складу якої входять і важкі метали [8, 10].

Аналіз публікацій. Відомо, що азотні добрива в якості домішок можуть містити певну кількість мікроелементів (мг/кг): As – 2,2-120; Br – 185-716; Cd – 0,05-8,5; Co – 5,4-12; Cr – 3,2-1,9; Cu - <1-15; Hg – 0,3-2,9; Mg – 1-7; Ni – 7-34; Pb – 2-27; Sn – 1,4-16; Zn – 1-42 [6, 11]. Вітчизняна аміачна селітра вміщує: Zn – 0,2, Cu – 0,25, Ni – 0,84, Pb – 0,05 мг/кг [9]. Деякі з цих елементів у невеликих кількостях можуть позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, але систематичне внесення добрив може призвести до накопичення у ґрунті баластних елементів, погіршення гігієнічної якості продукції, міграції токсикантів [10].

Фосфорні добрива. Основними компонентами фосфорних руд, які йдуть на виготовлення фосфорних добрив, є фосфорити (осадового походження) і апатити (вивержені мінерали). Не дивлячись на різне геологічне походження апатитів і фосфоритів, у хімічній будові їх багато спільного. Вони є трьохзаміщеними кальцієвими солями ортофосфорної кислоти, які супроводжуються

фтористим кальцієм, іншими сполуками цього катіону та різноманітними домішками [1, 2, 12].

У ґрунті фосфат-іони підлягають процесам хімічного та біологічного перетворення, зокрема відбувається їх фізична адсорбція, хемосорбція, осадження. Внесені у ґрунт фосфорні добрива розчиняються з утворенням розчину, насиченого монокальційфосфатом і дикальційфосфатом. Розчин має рН близько 1,5, саме він реагує з ґрунтовими частками і утворює свіжоосаджені фосфати різної розчинності. Склад, структура осаджених фосфатів залежать як від властивостей ґрунту, так і від деяких інших умов, що домінують у період осадження [2, 12].

Калійні добрива. За своїм характером майже всі калійні добрива хімічно або фізіологічно кислі. Із водного їх розчину рослини значно інтенсивніше живляють іони K^+ , ніж супутні аніони Cl^- або SO_4^{2-} .

З екотоксикологічної точки зору, калійні добрива можуть представляти певну небезпеку довікільно не лише в зв'язку з тим, що впливають на реакцію ґрунтового середовища, а й із тим, що містять у своєму складі досить значні домішки хлору, натрію, магнію та сульфат-іонів. Так, при внесенні у ґрунт 1 кг K_2O одночасно в нього надходить від 0,9 до 5,2 кг хлору та від 0,2 до 2,5 кг Na_2O [3].

Слід зазначити, що забруднення ґрунтового покриву важкими металами (ВМ) оцінюється за вмістом у ґрунтах і рослинах валових та рухомих форм. Справа в тім, що деградація ґрунтів внаслідок забруднення їх ВМ відбувається не відразу, а після досить тривалого часу [11]. В першу чергу це стосується до чорноземних ґрунтів, які містять порівняно з дерново-підзолистими ґрунтами значно більше органічної речовини та мають високу вбирну здатність [7].

На підставі цього А.І. Обухов (1989) прийшов до висновку, що ґрунти з більш високим вмістом гумусу менше потерпають від наслідків забруднення їх ВМ, ніж дерново-підзолисті, підзолисті ґрунти легкого гранулометричного складу [10]. Відмічається, що у зоні чорноземних ґрунтів під впливом ВМ у меншій мірі вражається врожай та погіршується його якість, ніж на інших ґрунтах [8].

Слід відмітити, що межу токсичності ВМ на мікрофлору, рослини встановити дуже важко. Однак відомо, що основою негативного і навіть летального впливу ВМ на рослину того чи іншого елементу є не сам елемент, а його кількість. Як справедливо вказує В.Б. Ільїн (1985), у природі немає токсичних елементів, але є їх токсичні концентрації [7]. Не важко припустити, що при поліелементному забрудненні ґрунтів найбільшу небезпеку для рослин буде викликати елемент, концентрація якого в ґрунтовому розчині буде найвищою [8].

В зв'язку із цим нами були проведені дослідження з вивчення агрохімічного та мікробіологічного стану ґрунту довготривалого стаціонарного дослі-

ду Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла (1929-1980) залежно від різних попередників і варіантів удобрення.

Матеріали та методика досліджень:

В квітні 2008 року відбирали зразки ґрунту під озимою пшеницею сорту Миронівська 65, яку вирощували за такою схемою:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 0. Контроль | 5. $N_{60}P_{40}$ |
| 1. Гній 30 т/га | 6. $N_{120}P_{80}K_{80}$ |
| 2. Гній 30т/га+ $N_{40}P_{40}K_4$ | 7. $P_{40}K_{40}$ |
| 3. $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 8. $N_{60}K_{60}$ |
| 4. P_{40} | |

Легкогідролізований азот ґрунту визначали за методом Корнфілдта, обмінний калій і рухомий фосфор – за Кірсановим. Рухомі форми важких металів визначали атомно-абсорбційним методом, екстракцію ґрунту проводили амонійно-ацетатним буфером (рН=4,8).

Результати досліджень. Внесення гною із повним мінеральним добривом, а також самого гною в кількості 30 т/г сприяє покращенню родючості ґрунту. Вміст гумусу складає 3,4 %, тоді як на контролі – 3,0 %. Внесення повного мінерального добрива в окремих варіантах спричиняє зниження вмісту гумусу в порівнянні із контролем.

В середньому по вмісту N, P_2O_5 і K_2O в ґрунті по попереднику горох їх показники були порівняно вищі, ніж по попереднику кукурудза на силос (табл. 1). В той же час за вмістом гумусу та сумою відібраних основ, залежно від попередника ці показники були майже однаковими. По кукурудзі на силос вони становили відповідно 3,17 і 18,7, а по гороху – 3,10 і 18,0.

На основі проведених досліджень НААН України, по визначенню вмісту важких металів в ґрунті довготривалого стаціонарного досліді, слід відмітити, що внесення гною як в чистому виді, так і в комплексі із повним мінеральним добривом як по попереднику горох, так і кукурудза на силос вміст важких металів був порівняно меншим ніж на контролі. Таку різницю ми пояснюємо перш за все покращенням мікробіологічної діяльності ґрунту. Саме завдяки цьому процесу сполуки міді, нікелю та цинку переходять в більш активну форму і сприяють покращенню проходження фізіолого-біохімічних процесів в рослині.

Внесення подвійного повного мінерального добрива, як відмічалось раніше, впродовж 90 років спричинило накопичення гранично допустимої кількості (ГДК) (табл. 2). Так, по попереднику кукурудза на силос вміст міді (3,09), нікелю (4,28), цинку (23,26 мг/кг ґрунту) суттєво перевищував ГДК, відповідно 3; 4 і 23 мг/кг. По попереднику горох вміст нікелю (4,14) перевищував ГДК на 0,14 мг/кг, тоді як вміст міді (2,95) і цинку (22,92) знаходився на межі допустимого ГДК 3 і 23 мг/кг відповідно.

**Агрохімічний аналіз ґрунту при вирощуванні пшениці в довготривалому
стаціонарному досліді залежно від попередника.
Результати агрохімічного обстеження ґрунту в полі (шар ґрунту 0 -20 см)**

| Варіанти дослідів | Вміст поживних речовин, мг/кг | | | Вміст гумусу, % | Сума вві- браних основ, мг- екв/100г |
|--|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|---|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | |
| Озима пшениця по гороху | | | | | |
| Контроль | 175 | 90 | 110 | 3,05 | 18,9 |
| Гній 30т + N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 121 | 176 | 116 | 3,45 | 18,9 |
| Гній 30т | 142 | 136 | 120 | 3,40 | 19,0 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 103 | 120 | 66 | 3,18 | 16,8 |
| P ₄₀ | 96 | 136 | 60 | 2,82 | 18,5 |
| N ₆₀ P ₄₀ | 96 | 238 | 53 | 2,93 | 17,4 |
| N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ | 103 | 283 | 84 | 3,12 | 16,6 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 93 | 135 | 66 | 2,95 | 17,1 |
| N ₆₀ K ₄₀ | 95 | 94 | 72 | 3,00 | 18,5 |
| Середнє | 113,8 | 156,4 | 83,0 | 3,10 | 18,0 |
| Озима пшениця по кукурудзі на силос | | | | | |
| Контроль | 98 | 94 | 60 | 3,18 | 20,1 |
| Гній 30т + N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 105 | 181 | 118 | 3,45 | 20,0 |
| Гній 30т | 116 | 152 | 130 | 3,45 | 21,2 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 96 | 112 | 63 | 3,18 | 17,6 |
| P ₄₀ | 92 | 144 | 52 | 3,15 | 18,0 |
| N ₆₀ P ₄₀ | 98 | 130 | 53 | 3,18 | 17,5 |
| N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ | 102 | 184 | 76 | 3,18 | 16,6 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 98 | 136 | 66 | 2,95 | 18,2 |
| N ₆₀ K ₄₀ | 88 | 94 | 94 | 2,82 | 19,0 |
| Середнє | 99,2 | 136,3 | 79,1 | 3,17 | 18,7 |

Кількісна характеристика мікроорганізмів ґрунту представлена в таблиці 3.

Аналізуючи мікробіологічний стан ґрунту, слід відмітити, що на контролі, особливо по попереднику горох в порівнянні із попередником кукурудза на силос кількість амоніфікаторів і бактерій, що засвоюють мінеральний азот, в два рази більша. Кількість амоніфікаторів на контролі по попереднику горох характеризується абсолютно більшою величиною. Кількість бактерій, що засвоюють мінеральний азот на контролі становила $1,99 \cdot 10^6$, тоді як при внесенні P₄₀ і P₄₀K₄₀ відповідно $1,60 \cdot 10^6$ і $1,08 \cdot 10^6$. При внесенні повного

мінерально добрива $N_{60}P_{40}K_{40}$ і $N_{60}P_{40}$ кількість становила відповідно $2,03 \cdot 10^6$ і $2,02 \cdot 10^6$.

Таблиця 2

**Вміст важких металів в ґрунті довготривалого стаціонарного досліджу за-
лежно від удобрення і попередника (2008 р.)**

| Варіант | Вміст міді мг/кг | Вміст нікелю мг/кг | Вміст цинку мг/кг |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Озима пшениця по гороху | | | |
| Контроль | 2,54 | 3,08 | 20,18 |
| Гній 30+60-40-40 | 1,84 | 2,18 | 18,42 |
| Гній 30 | 1,32 | 2,57 | 17,92 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 2,61 | 3,49 | 20,16 |
| P_{40} | 2,38 | 3,58 | 19,84 |
| $N_{60}P_{40}$ | 2,71 | 3,62 | 20,09 |
| $N_{120}P_{80}K_{80}$ | 2,95 | 4,14 | 22,92 |
| $P_{40}K_{40}$ | 2,76 | 3,50 | 19,16 |
| $N_{60}K_{40}$ | 2,85 | 3,81 | 19,46 |
| ГДК, мг/кг | 3 | 4 | 23 |
| Озима пшениця по кукурудзі на силос | | | |
| Контроль | 2,05 | 3,08 | 19,02 |
| Гній 30+60-40-40 | 1,89 | 2,80 | 18,52 |
| Гній 30 | 1,92 | 2,82 | 18,73 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 2,34 | 3,16 | 19,20 |
| P_{40} | 2,15 | 3,52 | 20,06 |
| $N_{60}P_{40}$ | 2,49 | 3,26 | 20,46 |
| $N_{120}P_{80}K_{80}$ | 3,09 | 4,28 | 23,26 |
| $P_{40}K_{40}$ | 2,91 | 3,13 | 20,52 |
| $N_{60}K_{40}$ | 2,72 | 3,54 | 20,94 |
| ГДК, мг/кг | 3 | 4 | 23 |

Ідентична картина прослідковується і по попереднику кукурудза на силос по амоніфікаторах. Таку залежність ми пояснюємо перш за все тим, що мікробіологічні процеси, а саме кількість амоніфікаторів на контролі в ґрунті, відбраному 15 квітня 2008 року, відбувались більш активніше, ніж у варіантах, які відмічаємо. Така залежність, ми вважаємо, є непостійною, а динамічною в період вегетації і залежить в основному від температури та вологості ґрунту, а також від рівня органо-мінерального живлення.

Мікробіологічний аналіз ґрунту довготривалого стаціонарного дослідження залежно від попередника і удобрення (2008)

| № | Варіант | Попередн. | Амоніфікатори 10^6 | Спори 10^3 | Бактерії, що засвоюють мін. азот 10^6 | Стрептоміцети 10^3 | Мікроміцети 10^3 | % грудочок ґрунту, що містять азотобактер |
|---|--|-----------|-------------------------|-----------------|--|-------------------------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | Контроль | I | 2,06±0,25 | 670±17,1 | 1,99±0,25 | 3,07±0,37 | 17,1±1,80 | 4,0±0,01 |
| | | II | 0,91±0,08 | 870±55,4 | 0,74±0,04 | 1,27±0,15 | 29,6±5,44 | 2,7±2,3 |
| 1 | Гній 30 т/га | I | 1,96±0,09 | 29±1,54 | 2,13±0,22 | 2,04±0,25 | 25,7±3,20 | 85,8±5,32 |
| | | II | 1,20±0,04 | 49±6,7 | 1,05±0,05 | 2,51±0,33 | 33,2±2,54 | 77,0±3,1 |
| 2 | Гній 30т/га+ N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | I | 1,9±0,18 | 27±3,5 | 2,98±0,39 | 1,92±0,15 | 25,8±2,21 | 58,7±3,63 |
| | | II | 1,12±0,19 | 68±10,1 | 1,57±0,09 | 2,97±0,23 | 53,2±4,26 | 52,0±4,0 |
| 3 | N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | I | 1,51 ±0,06 | 189±16,3 | 2,03±0,19 | 1,32±0,10 | 24,7±1,87 | 22,6±1,03 |
| | | II | 0,98±0,01 | 155±11,3 | 1,46±0,05 | 1,92±0,10 | 44,5±6,92 | 8,8±0,50 |

продовження табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|--|----|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 4 | P ₄₀ | I | 0,95±0,03 | 627±31,2 | 1,60±0,12 | 0,86±0,05 | 16,9±1,38 | 38,1±1,34 |
| | | II | 0,79±0,02 | 801±51,0 | 1,09±0,03 | 0,95±0,09 | 20,9±2,08 | 27,1±2,17 |
| 5 | N ₆₀ P ₄₀ | I | 1,48±0,04 | 201±22,7 | 2,37±0,20 | 1,30±0,08 | 22,8±1,05 | 19,4±0,69 |
| | | II | 0,95±0,03 | 433±35,1 | 1,57±0,10 | 1,72±0,05 | 35,8±1,08 | 10,6±1,09 |
| 6 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ | I | 1,88±0,05 | 104±16,9 | 3,34±0,27 | 2,10±0,12 | 39,0±2,80 | 0 |
| | | II | 0,90±0,02 | 118±9,8 | 2,18±0,23 | 2,88±0,17 | 49,3±2,01 | 0 |
| 7 | P ₄₀ K ₄₀ | I | 1,57±0,12 | 435±20,7 | 1,08±0,13 | 0,98±0,03 | 20,6±1,12 | 35,5±3,11 |
| | | II | 0,83±0,02 | 665±21,7 | 1,02±0,12 | 1,08±0,07 | 26,3±0,17 | 23,4±1,33 |
| 8 | N ₆₀ K ₆₀ | I | 1,14±0,16 | 244±11,2 | 2,02±0,18 | 1,11±0,05 | 23,0±1,16 | 20,3±2,18 |
| | | II | 0,86±0,01 | 229±12,5 | 1,39±0,17 | 1,61±0,10 | 33,5±2,31 | 10,8±0,90 |

Такі амоніфікатори, як еколого-трофічна група мікроорганізмів, що здатні засвоювати органічні форми азоту, виявляються при висіві ґрунтової суспензії на м'ясо-пептонному агарі (МПА).

Найбільшу їх кількість виявлено в ґрунті за внесення гною (варіант 1) та гною і NPK (Варіант 2), адже в гною багато органічних речовин, що містять азот.

Внесення NPK задовольняє потребу мікроорганізмів в елементах живлення, а також сприяє розвитку тих органотрофів, що здатні засвоювати і мінеральні сполуки азоту.

При незбалансованому мінеральному живленні у варіантах, де може бути нестача якогось елемента у ґрунті, обмежуються можливості активного функціонування мікроорганізмів (росту та розвитку рослин).

Бактерії, що засвоюють мінеральні сполуки азоту, і еколого-трофічна група мікроорганізмів виявляються на крохмаль-аміачному агарі (КАА) на 5 добу.

Велика кількість цих бактерій спостерігається в багато удобрених варіантах. Найбільш пригнічує їх розвиток нестача фосфорних сполук.

Спори – неактивна форма існування мікроорганізмів, яка виявляється після прогріву ґрунтової суспензії при 75°C впродовж 20 хвилин та висіву на МПА+СА (суслоагар).

Відомо, що спор бактерій багато в ґрунті, де має місце або нестача якогось елемента живлення, або несприятливі екологічні умови. У варіанті Контроль P₄₀, P₄₀K₄₀ ці показники становили 435-870 · 10³. Спор мало, тобто спорові бактерії активно функціонують у вигляді вегетативних клітин в багато і повноцінно удобрених варіантах, де їхню трофічну потребу задоволено. Такими варіантами були гній та гноє-мінеральне живлення, де їх кількість становили від 27 до 68 · 10³.

Стрептоміцети – таксономічна група багатofункціональних мікроорганізмів, що виявляються на середовищі КАА на 8-10 добу.

Порівняно велика кількість їх була, як і міксоміцетів, в удобрених варіантах і мало там, де нестача елементів живлення.

Велику кількість міксоміцетів відмічаємо особливо за внесення подвійної дози NPK.

Азотобактер, як відомо, здатний засвоювати молекулярний азот атмосфери і виявляється на поверхні безазотного середовища Федорова за обростанням його колонією грудочок ґрунту, що аналізується.

Чисельність азотобактеру інгібується внесенням мінерального азоту особливо за подвійної дози (варіант б), за таких умов він слабо конкурентоздатний у мікробному угрупованні. Гній містить багато азотобактеру, а якщо солом'ястий гній, то ще більш сприяє його активізації (варіант 1 і 2).

Висновок

На основі проведених досліджень відмічаємо, що систематичне внесення добрив в довготривалому стаціонарному досліді впродовж 90 років сприяє накопиченню важких металів (Cu, Ni, Zn) у варіантах із подвійним внесення дози мінеральних добрив по попереднику кукурудза на силос, що перевищує гранично допустимі кількості. По попереднику горох відмічаємо тільки перевищення нікелю в ґрунті, тоді як вміст міді та цинку знаходиться на межі їх гранично допустимої кількості.

Таким чином, стає очевидним, що тільки внесення органічних і органо-мінеральних добрив в довготривалому стаціонарному досліді сприяє екологічній стабільності ґрунту.

1. Бойко Л.В. Динаміка та сучасний стан забезпечення ґрунтів Київської області рухомими сполуками фосфору / Л.В. Бойко, В.Д. Зосімов, Л.Г. Шило // *Агроекологічний журнал*. – 2010. – №1. – С. 19-25.
2. Гинзбург К.Е. Фосфор основних типів почв СРСР / К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 244 с.
3. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / П.О. Дмитренко, М.Л. Колобова, Б.С. Носков та ін.; за ред. П.О. Дмитренка – 4-е вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1987. – 208 с.
4. Карпова Е.А. Кадмій в почвах, растениях и удобрениях / Е.А. Карпова, О.А. Потатуева // *Химизация сельского хозяйства*. – 1990. – №2. – С. 44-47.
5. Ильин В.Б. О загрязнении тяжелыми металлами почв и с.-х. культур предприятиями цветной металлургии / В.Б. Ильин // *Агрохимия*. – 1990. – №3. – С. 45-50.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
7. Ильин В.Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов в почвах / В.Б. Ильин // *Агрохимия*. – 1985. – №10. – С. 94-101.
8. Медведев В.В. Земельні ресурси України / за ред. академіка УААН Медведева В.В. та Лактіонової Т.М. – К.: Аграрна наука. – 148 с.
9. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України: керівний нормативний документ. – К., 1994. – 162 с.
10. Обухов А.И. Устойчивость черноземов к загрязнению тяжелыми металлами / А.И. Обухов // *Проблемы охраны, рациональное использование и рекультивация черноземов*. – М., 1989. – С. 33-42.
11. Попова А.А. Влияние минеральных и органических удобрений на состояние тяжелых металлов в почвах / А.А. Попова // *Агрохимия*. – 1991. – №3. – С. 62-67.
12. Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф.В. Чириков. – М.: Гос. из-во сельскохозяйственной литературы, 1956. – 464 с.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М.О. (НУБГП)