

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА БЕЗЗМІННОГО ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

*Д.О. Шацман
здобувач*

*Інститут агроєкології і природокористування НААН
(Україна, м. Київ; e-mail: dmitry@evrosem.com)*

*В.О. Пінчук
кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник*

*Інститут агроєкології і природокористування НААН
(Україна, м. Київ; e-mail: pinchuk_vo@ukr.net)*

*І.І. Мостов'як
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва
(Україна, м. Умань; e-mail: mostovjak@gmail.com)*

*О.С. Дем'янюк
доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут агроєкології і природокористування НААН
(Україна, м. Київ; e-mail: demolena@ukr.net)*

Досліджено зміну агрохімічних показників чорнозему типового й розраховано баланс та ефективність використання НРК за вирощування кукурудзи у технології беззмінного посіву з використанням різних систем хімічного захисту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу. Встановлено, що за три роки вміст гумусу у ґрунті знизився на 0,2%, вміст азоту легкогідролізованих сполук — на 2,9–18,6%, рухомого фосфору — на 2–8,1%, обмінного калію — на 10,2–19,5% та зросла кислотність ґрунту на 0,5 одиниць порівняно з вихідним рівнем. Показано достовірне зниження вмісту основних макроелементів у ґрунті залежно від системи хімічного захисту рослин. У технології вирощування кукурудзи із внесенням лише ґрунтових гербіцидів (Харнес, к.е., Стомп 330, к.е.) втрати N_{лег} у ґрунті становили 5–9 мг/кг, P₂O₅ — 8–10 мг/кг і K₂O — 15–16 мг/кг ґрунту; за внесення лише страхових гербіцидів (Каллісто 480 SC, КС; Мілагро 040 SC к.с.; Діанат, ВРК; Естерон 60 к.е.) втрати становили: N_{лег} — 3–8 мг/кг, P₂O₅ — 3–7 мг/кг, K₂O — 12–18 мг/кг ґрунту; за поєднання в системі хімічного захисту рослин кукурудзи ґрунтових і страхових гербіцидів: N_{лег} — 5–19 мг/кг, P₂O₅ — 5–12 мг/кг, K₂O — 17–23 мг/кг ґрунту. Найнижчий уміст поживних елементів у ґрунті зафіксовано за внесення досходових гербіцидів Мілагро 040 SC к.с. і Каллісто 480 SC, КС на фоні ґрунтового гербіциду Харнес, к.е., а також препарату Каллісто 480 SC, КС на фоні гербіциду Стомп 330, к.е. — N_{лег} 83–90 мг/кг, P₂O₅ 147–149 мг/кг і K₂O 95–98 мг/кг ґрунту. Розрахунки підтвердили негативний баланс по N до — 176,1 кг/га/рік і за P₂O₅ — до — 50,3 кг/га/рік. Визначено, що бур'янова рослинність в агроценозі кукурудзи у середньому за рік здатна виносити з ґрунту 15,06–53,53 кг/га азоту, 5,21–18,51 кг/га фосфору, 23,02–81,79 кг/га калію та 78,1–277,6 мм/га вологи, створюючи для рослин кукурудзи значну конкуренцію за поживні елементи.

Ключові слова: чорнозем типовий, родючість, агрохімічні показники, баланс НРК, беззмінний посів, кукурудза, гербіциди.

Постановка проблеми. Останніми роками на світовому ринку продовольства значно збільшилися попит та обсяги виробництва зернових та олійних культур, що зумовлено особливостями їх використання як харчових продуктів і сировини. Зокрема, кукурудзи, яка є однією із найпоширеніших зернових культур і займає за величиною посівних площ третє місце у світі й в Україні [1, 2].

Збільшення у структурі посівних площ частки посівів кукурудзи в Україні свідчить

про порушення науково обґрунтованих сівозмін і унеможлиблює уникнення як повторних посівів, так і беззмінного її вирощування на фоні інтенсифікації агротехнологій за рахунок використання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин.

Загальновідомо, що вирощування агрокультур у беззмінних посівах має низку негативних екологічних наслідків на ґрунт, його агрохімічні та біологічні показники. Односторонній винос елементів живлення рослин у без-

змінних посівах сільськогосподарських культур спричиняє виснаження ґрунту на доступні макро- і мікроелементи, тим самим погіршуючи загальний агрохімічний стан ґрунту, втрату органічної речовини за активізації деградаційних процесів, розвиток ґрунтовтоми тощо [3, 4].

Проте не має однозначної думки дослідників щодо впливу тривалих беззмінних посівів на агрохімічний стан ґрунту, спрямованість і активність ґрунтово-біологічних процесів [5, 6]. Тому це питання потребує додаткового вивчення і дослідження.

Важливим аспектом в екологічній оцінці будь-якої агротехнології вирощування культур є встановлення впливу на ґрунт та визначення його якісних показників. Тому метою досліджень було вивчити зміни показників родючості чорнозему типового та балансу NPK у ґрунті за вирощування кукурудзи в беззмінному посіві за різних систем хімічного захисту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено в тимчасовому польовому досліді на Панфільській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» (с. Панфилі, Яготинський р-н, Київська обл.) упродовж 2016–2018 рр. Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем типовий малогумусний з умістом гумусу в орному шарі 4,9%, легкогідролізованого азоту — 90 мг/кг, рухомих форм фосфору (P_2O_5) — 160 і обмінного калію (K_2O) — 170 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ 6,3, гідролітична кислотність — 1,9 мг-екв/100 г ґрунту. Польовий дослід закладено відповідно до загальноприйнятих вимог [7]. Розмір ділянки: ширина — 7 м, довжина — 9 м. Посівна площа ділянки 63 м², облікова площа — 50,4 м². Розміщення варіантів досліді і повторень — систематичне, повторення триразове.

Висівали середньоранній гібрид кукурудзи ДН Арго ФАО 260, норма висіву насіння — 25 кг/га. Технологія вирощування кукурудзи — відповідно до зональних рекомендацій і загальноприйнятих методик [8]. У системі удобрення кукурудзи використовували добриво КАС 32 (у фізичній масі 200 л/га, що становило у д.р. N_{64}), яке вносили під оранку на зяб. Під час сівби вносили мінеральні добрива у вигляді нітроамофоски (у фізичній масі 100 кг/га, що становило у д.р. $N_{15}P_{15}K_{15}$). Загалом щороку вносили мінеральні добрива у д.р. $N_{79}P_{15}K_{15}$.

Схема досліді передбачала внесення ґрунтових гербіцидів Харнес, к.е. (д.р. ацетохлор, норма внесення 2,0 л/га) і Стомп 330, к.е. (д.р. пендиметалін, норма внесення 4,5 л/га) до сходів рослин кукурудзи та страхових гербіцидів Каллісто 480 SC, КС (д.р. мезотріон, норма внесення 0,2 л/га), Мілагро 040 SC к.с.

(д.р. нікосульфурон, норма внесення 1,0 л/га), Діанат, ВРК (д.р. дикамби диметиламінна сіль, норма внесення 1,0 л/га) і Естерон 60 к.е. (д.р. 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д, норма внесення 0,8 л/га) через обприскування посівів у фазі 3–5 листків.

Зразки ґрунту відбирали згідно з ДСТУ 4287:2004 [9], в яких визначали за чинними державними стандартами: $pH_{\text{сол.}}$ ґрунтового розчину — потенціометричним методом [10], уміст гумусу — методом І. Тюріна [11], азоту, що легкогідролізується — методом Корнфільда [12], рухомого фосфору та обмінного калію — методом Чирикова [13]. Статистичне оброблення отриманих результатів експериментів здійснювали за Б. Доспеховим [7] із використанням відповідних комп'ютерних програм.

Для розрахунку загального балансу азоту, надлишку азоту на одиницю площі та ефективності використання азоту у рослинництві використовували алгоритми і коефіцієнти таких методологій: методологію і довідник складання азотних бюджетів Євростату й Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСД, 2013), Керівного документа щодо запобігання та зменшення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел ЄЕК ООН (2014), а також Національного кадастру антропогенних викидів із джерел і абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990–2016 рр. [14–16].

Загальний баланс азоту в рослинництві розраховували як різницю між сумою вхідних потоків азоту в рослинництві (мінеральні й органічні добрива, насіння, атмосферне осадження і мінералізація рослинних решток) та сумою вихідних потоків азоту із продукцією рослинництва з урахуванням емісії $N-N_2O$ з ґрунту. Баланс азоту в посівах на одиницю площі обчислювали діленням загального балансу азоту на зібрану площу врожаю. Для розрахунку загального балансу калію і фосфору, балансу калію і фосфору на одиницю площі та ефективності використання калію і фосфору в рослинництві використовували підходи з аналогічних методологій [14–16]. Загальний баланс калію і фосфору в рослинництві розраховували як відношення суми вихідних потоків калію і фосфору із продукцією рослинництва до суми вхідних потоків калію і фосфору (мінеральні добрива, насіння та мінералізація рослинних решток), виражене у відсотках. Надлишок калію і фосфору в посівах на одиницю площі обчислювали діленням загального балансу калію і фосфору на зібрану площу врожаю.

Ефективність використання азоту (ЕВА) в рослинництві розраховували як відношення суми вихідних потоків азоту із продукцією рослинництва з урахуванням емісії $N-N_2O$ з ґрунту

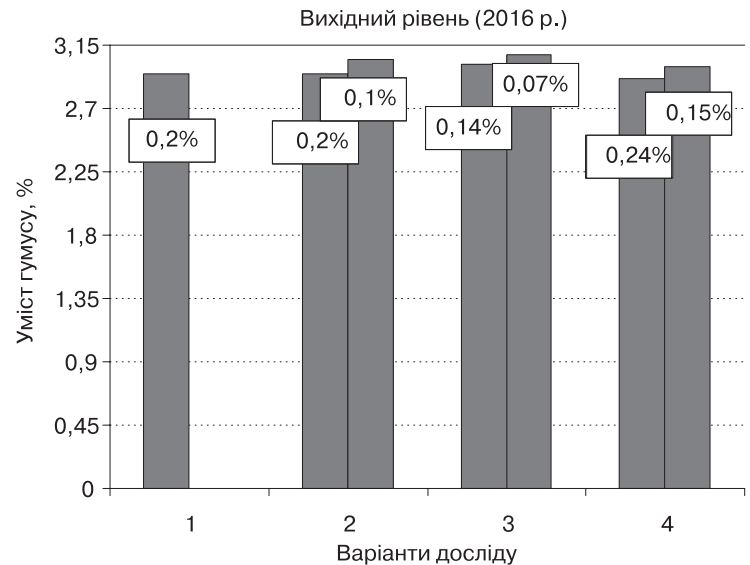
до суми вхідних потоків азоту (мінеральні добрива, насіння, атмосферне осадження та мінералізація рослинних решток), виражене у відсотках. Ефективність використання калію і фосфору в рослинництві розраховували як відношення суми вихідних потоків калію і фосфору із продукцією рослинництва до суми вхідних потоків калію і фосфору (мінеральні добрива, насіння та мінералізація рослинних решток), виражене у відсотках. Коефіцієнти вмісту азоту, калію і фосфору в зерні та рослинних рештках кукурудзи використано з результатів власних досліджень та літературних джерел [17–19, 22].

Викладення основного матеріалу дослідження. Результати досліджень засвідчили, що беззмінне вирощування кукурудзи впродовж трьох років поспіль призвело до погіршення агрохімічних характеристик чорнозему типового. За незначного надходження органічної речовини в ґрунт лише за рахунок рослинних решток уміст гумусу в орному шарі достовірно зменшився на 0,2%, а його середньорічна мінералізація становила 1,67 т/га (рисунком).

Уміст гумусу в орному шарі ґрунту у варіантах із унесенням лише досходових гербіцидів коливався в межах 2,95–3,05%, у варіантах з обприскуванням посівів страховими гербіцидами — 3,01–3,08% і за використання повної системи захисту рослин кукурудзи — на рівні 2,91–3,00%.

Науковими дослідженнями доведено, що здатність ґрунту протистояти токсичному впливу різних хімічних речовин визначається його буферними властивостями [20, 21], а саме вмістом органічної речовини. Враховуючи те, що чорнозем типовий за своїми властивостями має достатньо високу буферну здатність, втрати гумусу за три роки у варіантах досліді із унесенням гербіцидів були на рівні 0,07–0,24% порівняно з вихідним рівнем (2016 р.). Таке зниження вмісту гумусу, на нашу думку, є наслідком активізації мікробіологічних процесів у ґрунті, а саме посиленням процесів мінералізації та трансформації органічної речовини [18, 21].

Встановлено, що серед агротехнічних заходів вищу частку впливу на формування поживного режиму і вміст гумусу мав чинник беззмінного вирощування культури, ніж застосування гербіцидів у системі захисту рослин. Так, щорічне внесення мінеральних добрив у дозі $N_{79}P_{15}K_{15}$ дещо стримує втрати основних



Зміни вмісту гумусу у чорноземі типовому за беззмінного вирощування кукурудзи, 0–20 см: 1 — фон (NPK, без гербіцидів); 2 — фон + досходові гербіциди; 3 — фон + післясходові гербіциди; 4 — фон + досходові + післясходові гербіциди

макроелементів та дає змогу рослинам реалізувати свій потенціал і сформувати врожай зерна кукурудзи в середньому на рівні 5 т/га і побічної продукції 10 т/га [22].

Зниження вмісту азоту за варіантами досліді з унесенням різних гербіцидів було на рівні 1,1–15,3% порівняно з фоном і на 2,9–18,6% порівняно з вихідним рівнем (до закладання тимчасового польового досліді) (табл. 1). У технології вирощування кукурудзи із унесенням лише ґрунтових гербіцидів втрати $N_{\text{лер}}$ у ґрунті становили 5–9 мг/кг, за внесення лише страхових гербіцидів — 3–8 мг/кг і за поєднання у системі хімічного захисту рослин ґрунтових і страхових препаратів — 5–19 мг/кг ґрунту. Найнижчий уміст у ґрунті азоту легкогідролізованих сполук зафіксовано за внесення в системі захисту рослин гербіцидів Каллісто 480 SC, КС і Мілагро 040 SC к.с. на фоні ґрунтових гербіцидів Харнес, к.е. і Стомп 330, к.е. — 83–87 мг/кг ґрунту і 90–92 мг/кг ґрунту відповідно.

Зниження вмісту рухомого фосфору в орному шарі ґрунту мало менші значення, ніж азоту та калію, і в середньому в варіантах досліді становило від 2 до 8%. Так, уміст рухомого фосфору в ґрунті за застосування досходових гербіцидів знизився на 8–10 мг/кг ґрунту, за внесення післясходових препаратів — на 3–7 мг/кг ґрунту, за повного хімічного захисту рослин — на 5–13 мг/кг ґрунту.

Оскільки рослини кукурудзи найбільше виносять калію [4], тому і втрата цього елемента із ґрунту була найвищою і подекуди досягала

Таблиця 1

Агрохімічні показники чорнозему типового за беззмінного вирощування кукурудзи та внесення гербіцидів, 0–20 см

| Варіант досліджу | рН _{сол.} | Уміст, мг/кг ґрунту | | |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N _{лег} | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Вихідний рівень (2016 р.) | 6,3 | 102 | 160 | 118 |
| Фон (NPK, без гербіцидів) – контроль | 5,8 | 98 | 154 | 108 |
| Фон + Харнес, к.е. | 5,8 | 93 | 150 | 103 |
| Фон + Стомп 330, к.е. | 6,1 | 97 | 152 | 102 |
| Фон + Каллісто 480 SC, КС | 6,0 | 94 | 155 | 100 |
| Фон + Мілагро 040 SC к.с. | 5,9 | 96 | 153 | 101 |
| Фон + Діанат, ВРК | 5,8 | 99 | 157 | 104 |
| Фон + Естерон 60 к.е. | 5,8 | 96 | 155 | 106 |
| Фон + Харнес, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | 6,0 | 87 | 149 | 95 |
| Фон + Харнес, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | 6,0 | 83 | 147 | 98 |
| Фон + Харнес, к.е. + Діанат, ВРК | 5,9 | 96 | 153 | 100 |
| Фон + Харнес, к.е. + Естерон 60 к.е. | 5,8 | 93 | 150 | 101 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | 5,9 | 90 | 148 | 96 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | 6,0 | 92 | 152 | 99 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Діанат, ВРК | 5,9 | 97 | 155 | 101 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Естерон 60 к.е. | 5,7 | 96 | 151 | 100 |
| НІР | 0,1 | 2,0 | 1,5 | 2,4 |

19%. Виявлено зниження вмісту обмінного калію в ґрунті за застосування досходових гербіцидів на 15–16 мг/кг ґрунту, за післясходових препаратів — на 12–18 мг/кг ґрунту, за повного хімічного захисту рослин — на 17–23 мг/кг ґрунту порівняно з вихідним рівнем.

Найнижчий уміст поживних елементів у ґрунті зафіксовано за внесення досходових гербіцидів Мілагро 040 SC к.с. і Каллісто 480 SC, КС на фоні ґрунтового гербіциду Харнес, к.е., а також препарату Каллісто 480 SC, КС на фоні гербіциду Стомп 330, к.е. — N_{лег} 83–90 мг/кг ґрунту, P₂O₅ 147–149 і K₂O 95–98 мг/кг ґрунту. Це може бути пояснено тим, що на зазначених варіантах досліджу отримано найвищу урожайність зерна і побічної продукції кукурудзи [22], тобто винос із ґрунту NPK урожаєм був найбільший, що і спричинило значне виснаження ґрунту на основні поживні елементи. За такої агротехнології вирощування кукурудзи чітко простежується тенденція одностороннього виносу рослинами макроелементів та погіршення поживного режиму з ґрунту. Також при цьому мало місце підвищення кислотності ґрунту. Зокрема, показник рН знизився на 0,5 одиниць на контролі, а у варіантах із унесенням гербіци-

дів — відзначено підкислення ґрунту до рівня рН_{сол.} 5,7–5,8.

Попередніми дослідженнями показано, що внаслідок використання гербіцидів підвищується врожайність зерна і побічної продукції кукурудзи [22], що за однакової кількості внесення поживних речовин у ґрунт із добривами може призвести до негативного балансу основних поживних елементів (NPK) у ґрунті (табл. 2).

За даними табл. 2, баланс азоту (N_{баланс}) на одиницю зібраної площі врожаю упродовж 2017–2018 рр. становив від — 176,1 до 135,5 кг/га/рік; баланс фосфору — від –50,3 до 79,5 кг/га/рік; баланс калію — від 30,1 до 413,7 кг/га/рік. За рекомендованими нормами ЕС для польових культур N_{баланс} = 0–50 кг/га/рік [15]. Тобто наочно простежується незбалансоване використання основних поживних елементів ґрунту за такої технології вирощування кукурудзи.

У технологіях беззмінного посіву важливе значення як джерела NPK у ґрунті відіграють процеси мінералізації рослинних решток кукурудзи, які у середньому за 2017–2018 рр. за всіма варіантами досліджу забезпечують потребу

Таблиця 2

Розрахунковий баланс NPK у ґрунті за вирощування кукурудзи і застосування різних гербіцидів

| Варіант досліджу | Баланс NPK за роками, кг/га | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------|--------|-------------------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | N | | | P ₂ O ₅ | | | K ₂ O | | |
| | 2016* | 2017 | 2018 | 2016* | 2017 | 2018 | 2016* | 2017 | 2018 |
| Фон (NPK, без гербіцидів) — контроль | 44,1 | 80,7 | 65,6 | 4,8 | 18,4 | 12,7 | 11,0 | 50,3 | 22,7 |
| Фон + Харнес, к.е. | -79,4 | 87,4 | 16,0 | -34,6 | 27,4 | 2,3 | -4,4 | 186,5 | 73,5 |
| Фон + Стомп 330, к.е. | -87,3 | 123,2 | 50,5 | -95,0 | 79,5 | 12,7 | -3,3 | 217,5 | 60,2 |
| Фон + Каллісто 480 SC, КС | -14,6 | 53,7 | 50,4 | -41,6 | -8,3 | 19,3 | -6,6 | 197,3 | 210,7 |
| Фон + Мілагро 040 SC к.с. | -80,7 | 31,8 | 96,2 | -36,9 | 11,6 | 19,1 | -2,4 | 200,5 | 143,7 |
| Фон + Діанат, ВРК | 1,8 | 77,0 | 29,4 | -7,0 | 19,3 | 3,7 | 5,8 | 87,0 | 35,0 |
| Фон + Естерон 60 к.е. | 2,3 | 86,1 | 35,1 | -30,4 | 37,1 | -2,4 | 4,4 | 90,7 | 28,7 |
| Фон + Харнес, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | -249,5 | 135,5 | -176,1 | -93,1 | 18,6 | -50,3 | -19,6 | 413,7 | 228,6 |
| Фон + Харнес, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | -217,5 | -124,9 | -118,5 | -79,4 | -27,4 | -31,0 | -16,8 | 336,5 | 349,7 |
| Фон + Харнес, к.е. + Діанат, ВРК | -3,0 | 97,3 | -71,6 | -41,4 | 31,5 | -30,9 | -7,4 | 206,6 | 45,8 |
| Фон + Харнес, к.е. + Естерон 60 к.е. | -11,9 | 60,0 | -78,0 | -42,3 | 18,7 | -32,1 | -10,6 | 190,1 | 73,9 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | -132,3 | 60,4 | -69,9 | -56,6 | 20,7 | -29,9 | -11,1 | 262,2 | 117,9 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | -122,0 | -2,9 | -14,1 | -52,8 | -0,8 | -8,7 | -9,9 | 238,4 | 182,3 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Діанат, ВРК | -42,2 | 78,1 | 24,1 | -23,5 | 22,0 | 2,0 | -2,1 | 135,6 | 54,7 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Естерон 60 к.е. | -55,7 | 104,1 | -7,8 | -28,4 | 31,1 | -8,7 | -4,2 | 155,6 | 30,1 |

*Без урахування надходження NPK у ґрунт від мінералізації рослинних решток.

кукурудзи в азоті лише на 55,1%, у фосфорі — на 71,5% і в калії — на 105,9%. У табл. 2 на прикладі 2016 р. показано рівень негативного балансу азоту (до -249,5 кг/га/рік), фосфору (до -95,0 кг/га/рік) і калію (до -19,6 кг/га/рік) без урахування мінералізації рослинних решток.

Ефективність використання азоту (ЕВА) полягає не лише у раціональному використанні азотовмісних поживних речовин на виробництво продукції рослинництва за оптимального навантаження на ґрунт, а й запобіганні втратам азоту від емісії оксидів азоту з ґрунту. Якщо значення ЕВА перевищує показник 100%, це спричинює погіршення поживного режиму ґрунту через винесення більшої кількості азоту, ніж його надходження у ґрунт. Значення вище 70% загалом свідчить про ризик зниження поживних речовин у ґрунті, враховуючи

те, що частина сполук азоту втрачається у навколишньому природному середовищі [15]. Ці положення також є актуальними для оцінки ефективності використання фосфору і калію за виробництва продукції рослинництва. Наші результати досліджень з ефективності використання NPK у ґрунті за вирощування кукурудзи із застосуванням різних гербіцидів показали інтенсивне навантаження на ґрунт таких агротехнологій (табл. 3). Ефективність використання азоту впродовж 2017–2018 рр. становила 22,7–192,0%, фосфору — 24,8–220,6% і калію — 2,6–37,7%, що значно відрізняється від рекомендованих норм ЕС (ЕВА = 60–90%) [15].

Культурні рослини і бур'яни постійно перебувають у складних конкурентних відносинах. І передусім у боротьбі за вологу і поживні речовини. Нами розраховано винос бур'яново

Таблиця 3

Ефективність використання NPK у ґрунті за вирощування кукурудзи і застосування гербіцидів

| Варіант дослідю | Ефективність використання NPK за роками, % | | | | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|------------------|------|------|
| | N | | | P ₂ O ₅ | | | K ₂ O | | |
| | 2016* | 2017 | 2018 | 2016* | 2017 | 2018 | 2016* | 2017 | 2018 |
| Фон (NPK, без гербіцидів) — контроль | 41,7 | 12,5 | 18,0 | 68,3 | 15,2 | 24,9 | 27,1 | 3,2 | 9,5 |
| Фон + Харнес, к.е. | 205,0 | 44,0 | 85,2 | 329,3 | 42,1 | 91,6 | 129,2 | 4,0 | 15,8 |
| Фон + Стомп 330, к.е. | 215,5 | 27,1 | 49,3 | 729,4 | 26,8 | 67,4 | 121,9 | 2,6 | 11,7 |
| Фон + Каллісто 480 SC, КС | 119,4 | 68,1 | 70,5 | 376,0 | 115,8 | 63,8 | 143,9 | 11,3 | 7,3 |
| Фон + Мілагро 040 SC к.с. | 206,8 | 80,9 | 30,3 | 344,3 | 77,5 | 52,4 | 115,7 | 7,6 | 6,7 |
| Фон + Діанат, ВРК | 97,6 | 30,0 | 66,8 | 146,7 | 33,2 | 81,6 | 61,5 | 5,3 | 20,8 |
| Фон + Естерон 60 к.е. | 96,9 | 22,7 | 59,0 | 301,4 | 27,1 | 109,6 | 71,0 | 4,5 | 23,1 |
| Фон + Харнес, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | 430,0 | 49,5 | 192,0 | 716,9 | 79,8 | 182,0 | 229,6 | 6,8 | 16,2 |
| Фон + Харнес, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | 387,8 | 151,9 | 148,5 | 626,6 | 133,8 | 137,5 | 211,0 | 12,0 | 10,4 |
| Фон + Харнес, к.е. + Діанат, ВРК | 104,0 | 41,5 | 170,3 | 374,5 | 38,6 | 220,6 | 149,3 | 4,8 | 37,7 |
| Фон + Харнес, к.е. + Естерон 60 к.е. | 115,8 | 62,8 | 167,0 | 380,1 | 62,2 | 202,1 | 170,0 | 7,8 | 30,2 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | 275,0 | 69,2 | 152,0 | 475,4 | 67,3 | 177,3 | 173,6 | 7,5 | 19,4 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | 261,4 | 101,5 | 108,7 | 450,1 | 101,3 | 117,5 | 165,3 | 11,2 | 11,8 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Діанат, ВРК | 155,8 | 41,4 | 75,5 | 255,4 | 42,4 | 91,7 | 114,2 | 5,5 | 16,5 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Естерон 60 к.е. | 173,6 | 26,3 | 108,8 | 288,4 | 24,8 | 142,6 | 127,6 | 3,4 | 33,1 |

*Без урахування надходження NPK у ґрунт від мінералізації рослинних решток.

рослинністю поживних елементів із ґрунту з урахуванням середнього вмісту в 1 т повітряно-сухої маси бур'янів 2,69% азоту, 0,93% фосфору і 4,11% калію та середнього коефіцієнта водоспоживання 139,5 мм/т повітряно-сухої фітомаси бур'янів. Як свідчать дані (табл. 4), бур'янова рослинність у середньому за рік здатна виносити з ґрунту 15,06–53,53 кг/га азоту, 5,21–18,51 кг/га фосфору, 23,02–81,79 кг/га калію та 78,1–277,6 мм/га вологи, створюючи для рослин кукурудзи значну конкуренцію за поживні елементи.

Застосування гербіцидів у системі захисту рослин, зменшуючи чисельність бур'янової рослинності та знижуючи конкурентність за поживні речовини, додатково забезпечує рослини кукурудзи азотом — у середньому 16,4 кг/га (від 5 до 35 кг/га залежно від системи хімічного захисту), фосфору — 5,7 кг/га (2–12 кг/га), ка-

лію — 25,1 кг/га (8–53 кг/га), ґрунтової вологи на рівні 85 мм/га.

Висновки. З екологічного погляду для збереження родючості ґрунту не рекомендуємо вирощувати кукурудзу на одному полі більше 3-х років поспіль. За такої агротехнології у чорноземі типовому відбувається зниження вмісту гумусу на 0,2% та макроелементів: N_{лег} — на 3–19%, P₂O₅ — на 2–8% і K₂O — на 10–20% залежно від системи хімічного захисту рослин.

За вирощування кукурудзи в беззмінному посіві з унесенням гербіцидів виявлено негативний баланс основних макроелементів у ґрунті: по азоту — до -176,1 кг/га/рік і фосфору — до -50,3 кг/га/рік, що свідчить про інтенсивне навантаження на ґрунтову систему.

Бур'янова рослинність в агроценозі кукурудзи за рік здатна виносити з ґрунту у середньому від 15,06 до 53,53 кг/га азоту, від

Таблиця 4

Винос елементів живлення і вологи з ґрунту бур'янами, середнє за 2016–2018 рр.

| Варіант дослідю | Повітряно-суха маса бур'янів, т/га | Винос бур'янами | | | |
|---|------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|
| | | поживних речовин, кг/га | | | ґрунтової вологи, мм/га |
| | | Н | Р | К | |
| Фон (НРК, без гербіцидів) — контроль | 1,86 | 50,03 | 17,30 | 76,45 | 259,5 |
| Фон + Харнес, к.е. | 0,90 | 24,21 | 8,37 | 36,99 | 125,6 |
| Фон + Стомп 330, к.е. | 1,35 | 36,32 | 12,56 | 55,49 | 188,3 |
| Фон + Каллісто 480 SC, КС | 1,66 | 44,65 | 15,44 | 68,23 | 231,6 |
| Фон + Мілагро 040 SC к.с. | 1,46 | 39,27 | 13,58 | 60,01 | 203,7 |
| Фон + Діанат, ВРК | 1,44 | 38,74 | 13,39 | 59,18 | 200,9 |
| Фон + Естерон 60 к.е. | 1,99 | 53,53 | 18,51 | 81,79 | 277,6 |
| Фон + Харнес, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | 0,56 | 15,06 | 5,21 | 23,02 | 78,1 |
| Фон + Харнес, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | 0,70 | 18,83 | 6,51 | 28,77 | 97,7 |
| Фон + Харнес, к.е. + Діанат, ВРК | 0,73 | 19,64 | 6,79 | 30,00 | 101,8 |
| Фон + Харнес, к.е. + Естерон 60 к.е. | 0,90 | 24,21 | 8,37 | 36,99 | 125,6 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Каллісто 480 SC, КС | 1,62 | 43,58 | 15,07 | 66,58 | 226,0 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Мілагро 040 SC к.с. | 1,66 | 44,65 | 15,44 | 68,23 | 231,6 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Діанат, ВРК | 1,67 | 44,92 | 15,53 | 68,64 | 233,0 |
| Фон + Стомп 330, к.е. + Естерон 60 к.е. | 1,61 | 43,31 | 14,97 | 66,17 | 224,6 |

5,21 до 18,51 кг/га фосфору, 23,02–81,79 кг/га калію та 78,1–277,6 мм/га вологи, створюючи для рослин кукурудзи значну конкуренцію за поживні елементи. Використання гербіцидів у системі захисту рослин у беззмінному посіві

кукурудзи забезпечує збереження у ґрунті азоту в середньому 16,4 кг/га, фосфору — 5,7 кг/га, калію — 25,1 кг/га, ґрунтової вологи — на рівні 85 мм/га залежно від хімічного препарату та його ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org>
2. Державна служба статистики України. URL : <http://ukrstat.gov.ua>
3. Бойко П.І., Літвінов Д.В., Демиденко О.В., Блащук М.І. Стан гумусованості чорноземів у системах землеробства Лісостепу. Зб. наук. праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2018. Вип. 2. С. 3–27.
4. Літвінов Д.В., Гордієнко Т.І., Товстенко М.П. Винос поживних речовин сільськогосподарськими культурами у короткоротаційних сівозмінах. Зб. наук. праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». 2007. Вип. 2. С. 12–16.
5. Стулин А.Ф., Романычева А.А., Верховцева Н.В. Zea mays L. в монокультурі і севобороті в умовах Центрального Чорнозем'я. Проблеми агрохімії і екології. 2014. № 2. С. 12–18.
6. Гангур В.В. Царица полів в монокультурі. Продуктивність кукурудзи на зерно при бессменном вирощуванні і в севобороті. Зерно. 2009. № 6. С. 27–29.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985. 351 с.
8. Лебідь С.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

9. Якість ґрунту. Відбір проб ґрунту: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2005-01-07]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с. (Національний стандарт України).
10. Якість ґрунту. Визначання рН. ДСТУ ISO 10390:2007. [Чинний від 2005-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 8 с. (Національний стандарт України).
11. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. ДСТУ 4289:2004. [Чинний від 2005-01-07]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 18 с. (Національний стандарт України).
12. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. ДСТУ 7863:2015. [Чинний від 2015-06-22]. Київ: УкрНДНЦ, 2016. 9 с. (Національний стандарт України).
13. Ґрунти. Визначення рухомих форм фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. ДСТУ 4115-2002. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 12 с. (Національний стандарт України).
14. Methodology and Handbook Eurostat / OECD Nutrient Budgets, 2013. URL: <https://www.google.com.ua/search?q=Methodology+and+Handbook+Eurostat+%2F+OECD+Nutrient+ Budgets%2C+2013&oq=Methodology+and+Handbook+Eurostat+%2F+OECD+Nutrient+ Budgets%2C+2013&aqs=chrome..69i57.631830j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
15. ECE/EB.AIR/120. Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf
16. Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990-2016 / The Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine. Kyiv, 2018. 519 p. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip
17. Чабан В.І., Клявзо С.П., Подобед О.Ю. Вміст хімічних елементів в рослинах кукурудзи та оцінка мінерального живлення. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. 2014. № 7. С. 27-32.
18. Demyanyuk O., Symochko L., Hosam E.A.F. Bayoumi Hamuda, Symochko V., Dmitrenko O. Carbon pool and biological activities of soils in different ecosystems. International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2019. Vol. 9(1). P. 189-200.
19. Дегодюк С., Дегодюк Е., Літвінова О., Кириченко А. Стратегія застосування соломистих решток для удобрення та енергетичних потреб в Україні. Вісник Львівського національного аграрного університету. 2013. № 17(1). С. 205-211.
20. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. Москва: МГУ, 1990. 325 с.
21. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Костенков Н.М. и др. Влияние гербицидов на процессы гумусообразования и микробиологическую активность в почвах Приморья. Вестник ДВО РАН. 2007. № 2. С. 140-145.
22. Шацман Д.О. Оцінка дії гербицидів на забур'яненість, ріст і розвиток рослин кукурудзи за беззмінного вирощування у Лівобережному Лісостепі України. Агроекологічний журнал. 2019. № 1. С. 109-116.

Інформація про авторів

Шацман Дмитро Олександрович — здобувач, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: dmitry@evrose.com).

Пінчук Валерій Олександрович — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: pinchuk_vo@ukr.net).

Мостов'як Іван Іванович — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Уманський національний університет садівництва (вул. Інститутська, 1, Україна, м. Умань, 20305; e-mail: mostovjak@gmail.com)

Дем'янюк Олена Сергіївна — доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: demolena@ukr.net).

D.O. Shatsman
Graduate Student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Ukraine, Kyiv, e-mail: dmitry@evrosem.com)

V.O. Pinchuk
PhD, Senior Researcher

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Ukraine, Kyiv, e-mail: pinchuk_vo@ukr.net)

Mostoviyak I.I.
PhD, Associate professor,
Pro-rector for research and educational work,
Uman National University of Horticulture
(Ukraine, Uman, e-mail: mostovjak@gmail.com)

O.S. Demyanyuk
Doctor of Agriculture, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Ukraine, Kyiv, e-mail: demolena@ukr.net)

CHANGE IN THE TYPICAL BLACK FERTILITY INDICATORS FOR THE CONVERSIONAL GROWING OF MAIZE

The change of the agrochemical parameters of the typical black soil is investigated and the balance and the efficiency of using NPK for the cultivation of corn in the technology of constant sowing using different systems of chemical protection of plants in the conditions of the Left Bank Forest Steppe were calculated. It was found that in three years humus content in soil decreased by 0.2%, nitrogen content of easily hydrolyzed compounds — by 2.9–18.6%, mobile phosphorus — by 2–8.1%, exchangeable potassium — by 10.2–19.5% and increased soil acidity by 0.5 units compared to baseline. A significant decrease in the content of basic macronutrients in soil, depending on the system of chemical protection of plants, is shown. In maize cultivation technology with application of only soil herbicides (Harnes, KE, Stomp 330, KE), N_{leg} losses in soil were 5–9 mg/kg, P_2O_5 — 8–10 mg/kg and K_2O — 15–16 mg/kg soil; for application only of insurance herbicides (Callisto 480 SC, KS; Milagro 040 SC hp; Dianate, VRK; Estero 60 ke) losses were: N_{leg} — 3–8 mg/kg, P_2O_5 — 3–7 mg/kg, K_2O — 12–18 mg/kg soil; for combination in the system of chemical protection of maize plants soil and insurance herbicides: N_{leg} — 5–19 mg/kg, P_2O_5 — 5–12 mg/kg, K_2O — 17–23 mg/kg of soil. The lowest nutrient content in soil was recorded by application of pre-harvest herbicides Milagro 040 SC hp and Callisto 480 SC, COP on the background of the soil herbicide Harnes, ke, as well as the preparation Callisto 480 SC, COP on the background of the herbicide Stump 330, ke. — N_{leg} 83–90 mg/kg, P_2O_5 147–149 mg/kg and K_2O 95–98 mg/kg soil. The calculations confirmed a negative balance of N to –176.1 kg/ha/year and P_2O_5 to –50.3 kg/ha/year. It was determined that weed vegetation in maize agrocenosis on average per year is able to carry 15,06–53,53 kg/ha of nitrogen, 5,21–18,51 kg/ha of phosphorus, 23,02–81,79 kg/ha of potassium and 78.1–277.6 mm/ha of moisture, creating significant competition for nutrients for maize plants.

Keywords: chernozem typical, fertility, agrochemical parameters, NPK balance, monoculture, corn, herbicides.

REFERENCES

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org>
2. State Statistics Service of Ukraine. URL: <http://ukrstat.gov.ua>
3. Boyko, P.I., Litvinov, D.V., Demidenko, A.V., & Blashchuk, M.I. (2018). Stan gumusovanosti chornozemiv u systemax zemlerobstva Lisostepu [Condition of the humusiation of the black earth in the main compound lisssteppe farming]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN» [Proceedings of the National Scientific Center «Institute of Agriculture NAAS»]*. 2: 3–27 (In Ukr.).
4. Litvinov, D.V., Gordiyenko, T.I., & Tovstenko, N.P. (2007). Vynos pozhyvnykh rehovyn silskohospodarskymy kulturamy u korotkorotatsiinykh sivozminakh [Crop nutrient removal in short-term rotations]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN» [Proceedings of the National Scientific Center «Institute of Agriculture NAAS»]*. 2: 12–16 (In Ukr.).
5. Stulin, A.F., Romanycheva, A.A., Verkhovtseva, N.V. (2014). *Zea mays* L. v monokulture i sevoobrote v usloviyakh Tsentralnogo Chernozemia [Zea mays L. in monoculture and crop rotation in Central Chernozem region]. *Problems of agricultural chemistry and ecology [Problemy agrokhimii i ekologii]*. 2: 12–18 (In Russ.).

6. Gangur, V.V. (2009). Tsaritsa poley v monokulture. Produktivnost kukuruzy na zerno pri bessmennom vyrashchivani i v sevooborote [Queen of the fields in monoculture. Productivity of corn for grain during permanent cultivation and in crop rotation]. *Zerno [Grain]*. 6: 27–29 (In Russ.)
7. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodyka polevoho opyta [Methodology of the field experience]*. Moskva: Kolos, 351 (In Russ.).
8. Lebid, Ye.M., Tsykov, V.S., Pashchenko, Yu.M. et al. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [Methods of conducting field experiments with corn]*. Dnipropetrovsk, 27 (In Ukr.).
9. DSTU 4287: 2004 (2005). *Yakist gruntu. Vidbir prob gruntu [Soil quality. Soil sampling]*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 9 (In Ukr.).
10. DSTU ISO 10390: 2007 (2012). *Yakist gruntu. Vyznachannia pH [Soil quality. Determination of pH]*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 8 (In Ukr.).
11. DSTU 4289: 2004 (2005). *Yakist gruntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rechovyny [Soil quality. Methods for determination of organic matter]*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 18 (In Ukr.).
12. DSTU 7863: 2015 (2016). *Yakist gruntu. Vyznachennia lehkohidrolizovanoho azotu metodom Kornfilda [Soil quality. Determination of available hydrolyzable nitrogen by Kornfield method]*. Kyiv: UkrNDNC, 9 (In Ukr.).
13. DSTU 4115-2002 (2002). *Grunty. Vyznachennia rukhomykh form fosforu i kaliuu za modyfikovanyim metodom Chyrykova [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov modified method]*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 12 (In Ukr.).
14. *Methodology and Handbook Eurostat / OECD Nutrient Budgets, 2013*. URL: <https://www.google.com.ua/search?q=Methodology+and+Handbook+Eurostat+%2F+OECD+Nutrient+Budgets%2C+2013&oq=Methodology+and+Handbook+Eurostat+%2F+OECD+Nutrient+Budgets%2C+2013&aqs=chrome..69i57.631830j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
15. ECE/EB.AIR/120. *Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources*. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf
16. *Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990–2016 / The Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine*. Kyiv, 2018. 519 p. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip
17. Chaban, V.I., Kliavzo, S.P., & Podobed, O.Yu. (2014). *Vmist khimichnykh elementiv v roslynakh kukurudzy ta otsinka mineralnogo zhyvlennia [Chemical element content in maize plants and mineral nutrition assessment]*. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony [Bulletin Institute of agriculture of steppe zone NAAS of Ukraine]*. 7: 27–32 (In Ukr.).
18. Dem'yanyuk, O., Symochko, L., Hosam E.A.F., Bayoumi Hamuda, Symochko, V., & Dmitrenko, O. (2019). *Carbon pool and biological activities of soils in different ecosystems. International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 9(1): 189–200.
19. Dehodyuk, S., Dehodyuk, E., Litvinov, O., & Kirichenko, A. (2013). *Stratehiia zastosuvannia solomystrykh reshtok dlia udobrennia ta enerhetychnykh potreb v Ukraini [Strategy use of straw leavings for fertilizing and energy needs in Ukraine]*. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Lviv National Agricultural University]*. 17(1): 205–211 (In Ukr.).
20. Orlov, D.S. (1990). *Gumusovyie kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii [Soil humic acids and the general theory of humification]*. Moskva: Moscow State University, 325 (In Russ.).
21. Purtova, L.N., Shchapova, L.N., Kostenkov, N.M., Moiseyenko, A.A., & Kirsanova, T.V. (2007). *Vliyaniye gerbitsidov na protsessy gumusoobrazovaniya i mikrobiologicheskuyu aktivnost v pochvakh Primoria [The effect of herbicides on the processes of humus formation and microbiological activity in the soils of Primorye]*. *Vestnik DVO RAN [Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences]*. 2: 140–145.
22. Shatsman, D.O. (2019). *Otsinka dii herbitsydiv na zabur'ianenist, rist i rozvytok roslyn kukurudzy za bezzminnogo vyroshchuvannia u Livoberezhnomu Lisostepi Ukrainy [Estimation of herbicides affect on weediness, growth and development of corn plants under the permanent growing in Left-Bank Forest Steppe of Ukraine]*. *Ahroekologichnyi zhurnal [Agroecological journal]*. 1: 109–116 (In Ukr.).

Authors

Shatsman Dmytro Alexandrovich — Graduate Student Institute of Agroecology and Environmental Management of the National Academy Agrarian Sciences (Ukraine, Kyiv, e-mail: dmitry@evrose.com).

Pinchuk Valery Alexandrovich — PhD, Senior Researcher Institute of Agroecology and Environmental Management of the National Academy Agrarian Sciences (Ukraine, Kyiv, e-mail: pinchuk_vo@ukr.net).

Mostoviyak Ivan Ivanovich — PhD, Associate professor, Pro-rector for research and educational work, Uman National University of Horticulture (1, Instytutska str., Uman, 20305, Ukraine, e-mail: mostovjak@gmail.com).

Demyanyuk Elena Sergeevna — Doctor of Agriculture, Senior Researcher Institute of Agroecology and Environmental Management of the National Academy Agrarian Sciences (Ukraine, Kyiv, e-mail: demolena@ukr.net).