

УДК 631.8:633.15] : 631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.22>

## ВПЛИВ ДИГЕСТАТУ НА ВИНЕСЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗОЮ ТА ЇХ БАЛАНС У ҐРУНТІ

**Шевчук О.В.** – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет  
[orcid.org/0009-0002-3797-0388](https://orcid.org/0009-0002-3797-0388)

**Господаренко Г.М.** – д.с.-г.н.,  
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет  
[orcid.org/0000-0002-6495-2647](https://orcid.org/0000-0002-6495-2647)

Дослідження щодо вивчення можливості удобрення кукурудзи рідким дигестатом проводили у 2023–2024 рр. у польових дослідках на землях Ладизинської міської ради у Бузько-Середньо-Дніпровському окрузі Лісостепової Правобережної провінції. Дигестат із середнім вмістом 1,1 % азоту, 0,97 –  $P_2O_5$  і 0,81 %  $K_2O$ , вихідним продуктом якого був курячий послід, для дослідів брали у підрозділі «Біогаз Ладизин» ТОВ «Вінницька птахофабрика». Частина азоту (200 кг/га) мінеральних добрив (0 %, 50, 75, 100 %) у системі удобрення кукурудзи замінювали азотом дигестату дозою відповідно 20 м<sup>3</sup>/га, 15, 10 і 0 м<sup>3</sup>/га. За виробничий контроль був варіант досліду з внесенням аміаку водного. При цьому вміст у дигестаті інших макро- і мікроелементів не враховували, а також не вносили інші види добрив. Це обґрунтовували дуже високим вмістом у ґрунті рухомих сполук фосфору й калію та низьким – азоту легкогідролізованих сполук. Добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту. Висівали гібрид кукурудзи DKC 3972. Ґрунт дослідних ділянок – темно-сірий лісовий середньо суглинкового гранулометричного складу (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – Phaeosems).

З урожаєм зерна кукурудза виносить на неудобрених ділянках 73 % азоту, 68 – фосфору та 20 % калію від їх засвоєння для формування зерна та відповідної кількості стебеління. Зі стебелінням у ґрунт повертається близько 80 % калію від засвоєного на формування надземної маси кукурудзи. Основні елементи живлення на неудобрених ділянках кукурудзою засвоюються у відношенні N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  як 1 : 0,43 : 1,19, тоді як за внесення дигестату (20 м<sup>3</sup>/га) – 1 : 0,34 : 1,01, що свідчить про економніше використання рослинами фосфору й калію. Найбільш сприятливо баланс азоту, фосфору та калію в ґрунті – відповідно 68,0 кг/га, 54,1 і 44,2 кг/га складається за системи удобрення кукурудзи Дигестат 10 м<sup>3</sup>/га + аміак водний і загальної дози азоту 200 кг/га та залишення на полі стебеління. Коефіцієнти використання основних елементів живлення з удобрювальних продуктів залежать від поєднання в системі удобрення азоту дигестату та аміаку водного та були найбільшими у середньому за два роки проведення досліджень у варіанті досліду з внесенням 10 м<sup>3</sup>/га дигестат – азоту 49,3 %, фосфору – 31,5 і калію 98,9 %.

**Ключові слова:** курячий послід, біогаз, азот, фосфор, калій, зерно, стебеління, коефіцієнт використання.

### **Shevchuk O.V., Hospodarenko H.M. Digestate effect on the removal of the main nutrients by corn and their balance in the soil**

Research on the possibility of corn fertilization with liquid digestate was carried out in 2023–2024 in field experiments on the lands of the Ladyzhyn city council in the Buzka-Middle-Dniipro district of the Forest-Steppe Right-Bank Province. Digestate with an average content of 1.1% nitrogen, 0.97%  $P_2O_5$  and 0.81%  $K_2O$ , the initial product of which was chicken droppings, was taken for experiments at the Biogas Ladyzhyn division of Vinnytsia Poultry Farm LLC. Part of nitrogen (200 kg/ha) of mineral fertilizers (0%, 50, 75, 100%) in the corn fertilizer system was replaced with digestate nitrogen at a dose of 20 m<sup>3</sup>/ha, 15, 10 and 0 m<sup>3</sup>/ha, respectively. For production control, there was an experiment with the introduction of aqueous ammonia. At the same time, the content of other macro- and microelements in the digestate was not taken into

account, and other types of fertilizers were not introduced. This was justified by the very high content of mobile phosphorus and potassium compounds in the soil and the low content of easily hydrolyzed nitrogen compounds. Fertilizers were applied during autumn tillage. DKC 3972 corn hybrid was sown. The soil of the experiment plots is dark grey forest soil of medium loamy granulometric composition (according to the FAO/WRB, 2022 classification – Phaeosems).

With the grain harvest, corn takes out 73% of nitrogen, 68% of phosphorus and 20% of potassium from their assimilation on unfertilized areas for the formation of grain and the corresponding amount of stemming. With stemming, about 80% of the potassium absorbed for the formation of above-ground corn mass is returned to the soil. The main nutrients in unfertilized areas are absorbed by corn in the ratio N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O as 1: 0.43: 1.19 while with the application of digestate (20 m<sup>3</sup>/ha) – 1:0.34:1.01 which indicates a more economical use of phosphorus and potassium by plants. The most favorable balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil – 68.0 kg/ha, 54.1 and 44.2 kg/ha, respectively, is formed by the Digestat corn fertilizer system 10 m<sup>3</sup>/ha + aqueous ammonia and a total nitrogen dose of 200 kg/ha and leaving the stems on the field. The utilization rates of the main nutrients from fertilizer products depend on the combination of digestate nitrogen and aqueous ammonia in the fertilizer system and were the highest on average over the two years of research in the experiment variant with the addition of 10 m<sup>3</sup>/ha of digestate – nitrogen 49.3%, phosphorus – 31.5% and potassium 98.9%.

**Key words:** chicken droppings, biogas, nitrogen, phosphorus, potassium, grain, stemming, utilization rate.

**Постановка проблеми.** Виробництво біогазу анаеробним бродінням стало зростає, що збільшує кількість супутнього дигестату [4]. Дигестат, завдяки вмісту легкодоступних елементів живлення та органічних сполук, є ефективним удобрювальним продуктом. Його властивості можуть впливати на ґрунт і сільськогосподарські культури, що до кінця не вивчено та може відрізнятись від інших органічних і мінеральних добрив.

Різні фізичні та хімічні властивості дигестату можуть спричиняти зниження ефективності системи удобрення, гальмування росту рослин, зниження формування їх продуктивності та інші негативні наслідки. Досліджень ефективності застосування дигестату в системі удобрення кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу проведено недостатньо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для розрахунку доз добрив під заплановану врожайність кукурудзи, а також моніторингу зміни якості ґрунту важливо знати масштаби засвоєння елементів живлення для формування врожаю та господарське їх вилучення з поля [8].

У формуванні врожаю зерна кукурудзи важливе значення має переміщення азоту з вегетативних органів рослин. Цей показник залежно від гібриду та умов вирощування може становити 50–90 % [1]. Найінтенсивніше це проходить під час досягання зерна. На формування зерна кукурудза використовує 62 % азоту з ґрунту, а решту необхідної кількості – з вегетативних органів [2]. При цьому кількість переміщеного азоту в рослин неудобрених ділянок становила 33 %, а за внесення N<sub>76-252</sub> – 20–29 %. Між вмістом азоту у вегетативній масі та врожайністю існує тісний кореляційний зв'язок. У кукурудзи, порівняно з пшеницею та рисом, частка переміщеного азоту менша – 45–65 % проти 60–95 % [5]. Такі відмінності пов'язані з вмістом азоту у вегетативній масі, в першу чергу в листках на одиницю площі поля. Накопичення азоту кукурудзою під час цвітіння майже вдвічі менше, ніж пшеницею. Це пояснює необхідність достатнього забезпечення кукурудзи азотом після цвітіння для формування високої продуктивності.

Отже, необхідно дослідити ефективність впливу застосування дигестату на засвоєння елементів живлення кукурудзою та визначити оптимальну його дозу внесення в Правобережному Лісостепу, щоб обґрунтувати умови ефективного і безпечного застосування.

**Постановка завдання.** Дослідження щодо вивчення можливості удобрення кукурудзи рідким дигестатом проводили у 2023–2024 рр. у польових дослідках на землях Ладижинської міської ради у Бузько-Середньо-Дніпровському окрузі Лісостепової Правобережної провінції.

Дигестат, вихідним продуктом якого був курячий послід, для дослідів із середнім вмістом 1,1 % азоту, 0,97 –  $P_2O_5$  і 0,81 %  $K_2O$  брали у підрозділі «Біогаз Ладижин» ТОВ «Вінницька птахофабрика». Частину азоту (200 кг/га) мінеральних добрив (0 %, 50, 75, 100 %) у системі удобрення кукурудзи замінювали азотом дигестату дозою відповідно 20 м<sup>3</sup>/га, 15, 10 і 0 м<sup>3</sup>/га. За виробничий контроль був варіант дослідів з внесенням аміаку водного (Nва). При цьому вміст у дигестаті інших макро- й мікроелементів не враховували, а також не вносили інші види добрив. Це обґрунтовували дуже високим вмістом у ґрунті рухомих сполук фосфору й калію та низьким – азоту легкогідролізованих сполук. Добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту. Висівали гібрид кукурудзи DKC 3972.

Ґрунт дослідних ділянок – темно-сірий лісовий середньо суглинкового гранулометричного складу (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – *Phaeosems*) [3].

Дослідження проводилися за прийнятими методиками [11, 15].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Кукурудза для формування врожаю засвоює з ґрунту значну кількість азоту й калію, трохи менше фосфору (табл. 1). Найбільше для формування врожаю вона засвоює азоту – 83,5–183,1 кг/га залежно від варіанту дослідів, а також калію – 99,2–184,0 кг/га. Засвоєння фосфору було значно меншим – 35,5–63,1 кг/га. Отже, основні елементи живлення на неудобрених ділянках засвоюються у відношенні N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  як 1 : 0,43 : 1,19, тоді як за внесення дигестату (20 м<sup>3</sup>/га) – 1 : 0,34 : 1,01. Це свідчить про економніше використання рослинами фосфору й калію для формування врожаю. Необхідно також зазначити, що за дози дигестату 10 м<sup>3</sup>/га кукурудза засвоювала більше азоту на 119 %, фосфору – на 78 і калію на 85 %.

Таблиця 1

**Внесення основних елементів живлення з урожаєм кукурудзи  
за різних доз дигестату (2023–2024 рр.), кг/га**

| Варіант дослідів                     | Внесення з урожаєм |          |        |                                           |          |        |
|--------------------------------------|--------------------|----------|--------|-------------------------------------------|----------|--------|
|                                      | зерна              |          |        | зерна та відповідної кількості стебеління |          |        |
|                                      | N                  | $P_2O_5$ | $K_2O$ | N                                         | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Без добрив (контроль)                | 62,6               | 25,5     | 20,9   | 83,5                                      | 35,5     | 99,2   |
| Nва                                  | 132,2              | 42,3     | 36,3   | 180,6                                     | 62,2     | 181,4  |
| Дигестат 20 м <sup>3</sup> /га       | 129,3              | 41,4     | 35,5   | 176,6                                     | 60,8     | 177,5  |
| Дигестат 15 м <sup>3</sup> /га + Nва | 130,7              | 41,8     | 35,9   | 178,5                                     | 61,5     | 179,3  |
| Дигестат 10 м <sup>3</sup> /га + Nва | 134,0              | 42,9     | 36,8   | 183,1                                     | 63,1     | 184,0  |

У господарському винесенні основних елементів живлення (зерном і відповідною кількістю стебеління) із зерном кукурудзи на неудобрених ділянках найбільше вилучається азоту – 73 % і фосфор 68 %, а калію – лише 20 %. Це свідчить про те, що у разі залишення стебеління на полі, з удобрювальними продуктами у ґрунт у першу чергу потрібно повернути винесений азот і фосфор. Зі стебелінням у ґрунт повертається близько 80 % калію витраченого на формування врожаю.

З дигестатом (10–20 м<sup>3</sup>/га), залежно від варіанту дослідів, в ґрунт вносилося 97–194 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> та 77–154 кг/га K<sub>2</sub>O.

З метою ведення сталого землеробства зазвичай застосовують балансовий метод розрахунку необхідних доз внесення елементів живлення, основою якого є співставлення джерел їх надходження та винесення врожаєм з ґрунту. Баланс елементів живлення є основою оптимізації системи застосування добрив. Врахування його запобігає надлишковому внесенню добрив і досягається безпечне техногенного навантаження на довкілля. Розрахунок балансу елементів живлення є зручним і важливим чинником планування використання землі та прогнозування можливих наслідків [6]. Додатний баланс елементів живлення в ґрунті сприяє забезпеченню оптимального мінерального живлення рослин [9].

Розрахунок балансу основних елементів живлення проводили за спрощеною схемою. Було скорочено кількість однакових і зіставних статей у частинах надходження та вилучення. При цьому кількість можливого надходження азоту в ґрунт з насінням, атмосферними опадами, продукуюваного вільноіснуючими азотфіксуювальними мікроорганізмами прирівнювали до витрат його звітрюванням, ерозією та вимивання по профілю ґрунту [7]. За такого підходу до розрахунку балансу в частині надходження залишали лише внесення основних елементів живлення з удобрювальними продуктами, а вилучення – їх винесення з урожаєм зерна кукурудзи.

Встановлено, що з урахуванням надходження з добривами і вилучення з поля з урожаєм зерна кукурудзи баланс основних елементів живлення в ґрунті у варіантах дослідів змінювався в широких межах – азоту від –62,6 до 72,7 кг/га, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – від –42,3 до 152,6 кг/га та K<sub>2</sub>O від –36,3 до 126,5 кг/га (табл. 2).

Таблиця 2

**Баланс основних елементів живлення в ґрунті  
за умови залишення стебеління кукурудзи на полі та його інтенсивність  
за різних доз дигестату, 2023–2024 рр.**

| Варіант дослідів                     | Баланс, ± кг/га |                               |                  | Інтенсивність балансу, % |                               |                  |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                      | N               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Без добрив (контроль)                | –62,6           | –25,5                         | –20,9            | –                        | –                             | –                |
| Nва                                  | 69,8            | –42,3                         | –36,3            | 152,8                    | –                             | –                |
| Дигестат 20 м <sup>3</sup> /га       | 72,7            | 152,6                         | 126,5            | 156,2                    | 468,6                         | 456,3            |
| Дигестат 15 м <sup>3</sup> /га + Nва | 71,3            | 103,7                         | 85,6             | 154,6                    | 348,1                         | 338,4            |
| Дигестат 10 м <sup>3</sup> /га + Nва | 68,0            | 54,1                          | 44,2             | 150,7                    | 226,1                         | 220,1            |

За умови збирання лише зерна кукурудзи і залишення на полі стебеління за всіх систем удобрення складався додатний баланс азоту – 68,0–72,7 кг/га, тоді як за фосфором і калієм залежав від дози внесення дигестату. Вже за дози дигестату 10 м<sup>3</sup>/га баланс фосфору й калію був додатним – відповідно 54,1 кг/га і 44,2 кг/га.

Інтенсивність балансу азоту 100–110 % вважається задовільною, тоді як з екологічного погляду балансу фосфору й калію змінюється в ширших межах – відповідно 80–280 % і 50–150 % залежно від вмісту їх рухомих сполук у ґрунті [7].

Розрахунки показали, що у варіанті дослідів Дигестат 10 м<sup>3</sup>/га + Nва, з агрохімічного та екологічного поглядів, інтенсивність балансу основних елементів живлення складалась найбільш сприятливо. При цьому інтенсивність балансу азоту

була вище рекомендованих значень. Це пояснюється нижчими врожайми, що формувалися за недостатніх умов зволоження в роки проведення досліджень.

За внесення дигестату в дозі 15–20 м<sup>3</sup>/га винесення фосфору й калію з урожаєм зерна кукурудзи покривалося в 3,5–4,5 рази. Таке удобрення кукурудзи перш за все ефективне на ґрунтах з дуже низьким і низьким вмістом рухомих сполук фосфору й калію в ґрунті.

У зв'язку з високою вартістю синтетичних мінеральних добрив, а також екологічними проблемами, важливо зменшити непродуктивні втрати елементів живлення та підвищити коефіцієнт їх використання рослинами. У формуванні високих урожаїв кукурудзи удобрення має важливе значення в різних ґрунтово-кліматичних умовах [10, 13, 16–19].

Встановлено [12, 14], що на ефективність засвоєння азоту кукурудзою з добрив найбільше впливають доза його внесення, вміст потенційно доступного азоту в ґрунті та врожайність біомаси. Тому для підвищення коефіцієнта використання азоту з добрив його доза повинна забезпечувати формування запланованого рівня врожаю з мінімальною залишковою кількістю його мінеральних сполук у ґрунті. Це запобігатиме непродуктивним втратам і забрудненню довкілля.

Розрахунок коефіцієнти використання елементів живлення рослинами різним методом порівняно з їх винесенням на неудобрених ділянках досліджу є умовним, оскільки не враховується їх використання на формування кореневої системи рослин, а також утворення «екстра-азоту» за додаткового внесення азоту удобрювальних продуктів. Проте розраховані таким способом коефіцієнти дозволяють порівняти варіанти досліджу між собою.

Таблиця 3

**Коефіцієнти використання основних елементів живлення кукурудзою за різних видів удобрювальних продуктів та їх поєднань, %**

| Варіант досліджу        | Рік проведення досліджень |      | Середнє за два роки |
|-------------------------|---------------------------|------|---------------------|
|                         | 2023                      | 2024 |                     |
| Азоту                   |                           |      |                     |
| Nва <sub>200</sub>      | 55,8                      | 40,3 | 48,1                |
| Дигестат 20 м³/га       | 54,7                      | 37,4 | 46,0                |
| Дигестат 15 м³/га + Nва | 55,9                      | 38,1 | 47,0                |
| Дигестат 10 м³/га + Nва | 56,8                      | 41,6 | 49,3                |
| Фосфору                 |                           |      |                     |
| Дигестат 20 м³/га       | 17,5                      | 11,7 | 14,6                |
| Дигестат 15 м³/га + Nва | 24,0                      | 15,9 | 19,9                |
| Дигестат 10 м³/га + Nва | 36,6                      | 26,4 | 31,5                |
| Калію                   |                           |      |                     |
| Дигестат 20 м³/га       | 58,2                      | 38,3 | 50,7                |
| Дигестат 15 м³/га + Nва | 79,8                      | 52,0 | 64,4                |
| Дигестат 10 м³/га + Nва | 121,9                     | 87,2 | 98,9                |

Як видно з даних табл. 3, коефіцієнти засвоєння елементів живлення з добрив показують більшу різницю між роками проведення досліджень, ніж варіантами систем удобрення. Так, за однакової дози внесення азоту (200 кг/га), але в різних

формах він змінювався від 37,4 % до 56,8 % залежно від погодних умов. У середньому за два роки проведення досліджень коефіцієнт використання азоту був найвищим у варіанті досліду, де половина азоту з 200 кг/га вносились у вигляді дигестату (10 м<sup>3</sup>/га) – 49,3 %, тоді як з дигестату, внесеного в дозі 20 м<sup>3</sup>/га – знижувався до 46,0 %. Високий коефіцієнт використання азоту з добрив свідчить про значний вплив цього елемента живлення на формування урожаю кукурудзи.

Коефіцієнт використання рослинами кукурудзи фосфору з дигестату змінювався в широких межах – від 11,7 до 36,6 % залежно від дози його внесення та погодних умов. Зі зменшенням дози внесення дигестату з 20 до 10 м<sup>3</sup>/га коефіцієнт використання фосфору підвищувався в середньому за два роки проведення досліджень з 14,6 до 31,5 %.

Калій у рослинах не утворює складних органічних сполук тому краще використовувався кукурудзою з дигестату. Високий коефіцієнт використання калію у варіанті досліду Дигестат 10 м<sup>3</sup>/га + Нва можна пояснити достатнім забезпеченням рослин азотом і фосфором, що дозволяло додатково, порівняно з неудобренними ділянками, засвоювати його рослинами з ґрунту, де були значні запаси його рухомих сполук.

**Висновки і пропозиції.** 1. З урожаєм зерна кукурудза виносить на неудобренних ділянках 73 % азоту, 68 – фосфору та 20 % калію від їх засвоєння для формування зерна та відповідної кількості стебелиння. Зі стебелинням у ґрунт повертається близько 80 % калію від засвоєного на формування надземної маси кукурудзи. Основні елементи живлення на неудобренних ділянках кукурудзою засвоюються у відношенні N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O як 1 : 0,43 : 1,19, тоді як за внесення дигестату (20 м<sup>3</sup>/га) – 1 : 0,34 : 1,01, що свідчить про економніше використання рослинами фосфору й калію.

2. Найбільш сприятливо баланс азоту, фосфору та калію в ґрунті – відповідно 68,0 кг/га, 54,1 і 44,2 кг/га складається за системи удобрення кукурудзи Дигестат 10 м<sup>3</sup>/га + Нва і загальної дози азоту 200 кг/га та залишення на полі стебелиння.

3. Коефіцієнти використання основних елементів живлення з удобрювальних продуктів залежать від поєднання в системі удобрення азоту дигестату та аміаку водного та були найбільшими у середньому за два роки проведення досліджень у варіанті досліду Дигестат 10 м<sup>3</sup>/га + Нва – азоту 49,3 %, фосфору – 31,5 і калію 98,9 %.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Coque M, Gallais A. Genetic Variation for Nitrogen Remobilization and Postsilking Nitrogen Uptake in Maize Recombinant Inbred Lines: Heritabilities and Correlations among Traits. *CropScience*. 2007. 47. P. 1787–1796. doi.org/10.2135/cropsci2007.02.0096
2. Haegerle J. W., Cook K. A., Nichols D. M., Below F. E. Changes in nitrogen use traits associated with genetic improvement for grain yield of maize hybrids released in different decades. *Crop Sci*. 2013. 53. P. 1256–1268. DOI: 10.2135/cropsci2012.07.0429
3. IUSS Working Group WRB. 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. URL: [https://eurasian-soil-portal.info/wp-content/uploads/2023/02/wrb\\_fourth\\_edition\\_2022-12-18.pdf](https://eurasian-soil-portal.info/wp-content/uploads/2023/02/wrb_fourth_edition_2022-12-18.pdf)].
4. Karimi B., Sadet-Bourgeteau S., Cannavacciuolo M., Chauvin C., Flamin C., Haumont A., Jean-Baptiste V., Reibel A., Vrignaud G. and Ranjard L. Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2022. 20. P. 3265–3288. DOI: 10.1007/s10311-022-01451-8

5. Tabuchi M., Abiko T., Yamaya T. Assimilation of Ammonium Ions and Reutilization of Nitrogen in Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*. 2007. 58. P. 2319–2327. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm016>
6. Внутрігосподарський контроль стану ґрунтів (наукові рекомендації); за ред. М. Мірошніченка. Харків, 2023. 121 с.
7. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.
8. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.
9. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : «СІК ГРУП Україна», 2016. 276 с.
10. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Новак А. В. Вплив метеорологічних умов та удобрення на врожайність кукурудзи у Правобережному Лісостепу. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. Ч. 1. С. 26–34. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-26-34
11. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.
12. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 76–89.
13. Господаренко Г., Стоцький В., Кулеша А. Урожайність кукурудзи залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднань у польовій сівозміні. Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. «Рубіновські читання» приуроченої до 180-річчя від дня заснування Уманського НУС (16 травня, м. Умань). Умань : УНУС, 2024. С. 7–8.
14. Єрмакова Л. М., Крест'янінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтав. держ. аграрної акад.* 2016. № 4. С. 63–65.
15. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костоґриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
16. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 42–49.
17. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : НВФ Укр. технології, 2008. 312 с.
18. Павлюк О. О., Гангур В. В., Лень О. І. Вплив різних систем удобрення на урожайність зерна кукурудзи в умовах недостатнього зволоження лівобережного Лісостепу України. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН*. 2007. № 30. С. 30–33.
19. Румбах М. Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин та фону мінерального живлення. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва*. 2011. № 40. С. 110–113.

Дата першого надходження рукопису до видання: 26.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025