

**А. О. Січка**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: AndriySichkar@meta.ua

**Л. В. Вишневська**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vishnevskaya.lesya@ukr.net

**С. В. Рогальський**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: rogalskiysergey62@gmail.com

**В. С. Кравченко**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vitalii_12@ukr.net

**Р. М. Притуляк**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: radak7484402@ukr.net

РОСЛИННІ ЗАЛИШКИ ЗМІШАНИХ ПОСІВІВ ЯК ФАКТОР ПОЛІПШЕННЯ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ

У статті наведено результати трирічного дослідження вмісту корневих і стерневих залишків у ґрунті та наявність в них поживних речовин – азоту, фосфору, калію після збирання кукурудзи, кукурудзи з буркуном, кукурудзи з кормовими бобами, кукурудзи молочно-воскової стиглості з соєю у фазу блискучих бобиків сої, повної стиглості кормових бобів з міжряддями 45 см та 70 см.

На дослідній ділянці після збору попередника проводили зяблеву оранку на глибину 25 см. У міру підсихання гребенів, проводили ранньовесняне боронування в два сліди боронами ЗБСС – 1,0 з подальшою культивацією на глибину 6–8 см. Вносили мінеральні добрива $N_{120}P_{60}K_{90}$. Фосфорні та калійні добрива вносили восени під оранку ґрунту, азотні – навесні під культивацію.

Для сівби використовували насіння середньораннього гібриду кукурудзи Кадр 267 МВ, середньораннього сорту сої Київська 27, середньостиглого сорту однорічного буркуну білого Херсонський сувенір, скоростиглого сорту кормових бобів

Оріон. Норми висіву в змішаних та одновидових посівах становили: кукурудзи 25 кг/га, буркуну білого 10 кг/га, бобів кормових 80 кг/га, сої 30 кг/га.

Дослідженнями встановлено значні прирости накопичення органічних залишків у змішаних посівах кукурудзи із соєю (0,36–0,40 т/га) та кукурудзи із буркуном білим (0,42–0,44 т/га). Аналіз накопичення в органічних залишках поживних елементів показав, що вміст азоту на ділянках після змішаних посівів кукурудзи на силос з буркуном знаходився у межах 85,8–87,4 кг/га, з соєю – 83,7–85,7 кг/га порівняно з одновидовими посівами кукурудзи в контролі – 54,3–55,7 кг/га.

Спостереження показали, що вміст фосфору на ділянках після змішаних посівів кукурудзи на силос із буркуном підвищився та знаходився у межах 20,8–21,6 кг/га, із соєю – 20,1–20,9 кг/га порівняно з одновидовими посівами кукурудзи в контролі 16,8–17,4 кг/га. Вище був також і вміст калію в органічних залишках змішаних посівів кукурудзи на силос з буркуном і знаходився в межах 60,3–62,1 кг/га, із соєю – 58,6–60,1 кг/га порівняно з одновидовими посівами кукурудзи в контролі 53,1–54,1 кг/га.

Ключові слова: кореневі і стерньові залишки, азот, фосфор, калій, кукурудза, буркун білий, соя, боби кормові, змішані посіви.

A. O. Sichkar

PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: AndriySichkar@meta.ua

L. V. Vyshnevskya

PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vishnevskya.lesya@ukr.net

S. V. Rogalskyi

PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: rogalskiysergey62@gmail.com

V. S. Kravchenko

PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vitalii_12@ukr.net

R. M. Prytulyak

PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: radak7484402@ukr.net

PLANT RESIDUES OF MIXED CROPS AS A FACTOR IN IMPROVING THE NUTRIENT REGIME OF THE SOIL

The article presents the results of a three-year study of the content of root and stubble residues in the soil and the presence of nitrogen, phosphorus, and potassium nutrients in them after harvesting corn, corn with corn, corn with fodder beans, corn of milk-wax maturity with soybeans in the phase of shiny soybeans, fully ripe fodder beans with row spacings of 45 cm and 70 cm. On the experimental plot, after collecting the predecessor, we carried out plowing to a depth of 25 cm. As the ridges dried, we carried out early spring harrowing in two tracks with harrows ZBSS – 1.0, followed by cultivation to a depth of 6–8 cm. Mineral fertilizers were applied at the rate of $N_{120}P_{60}K_{90}$. Phosphorous and potash fertilizers were applied in the fall for plowing the soil, and nitrogen fertilizers were applied in the spring for cultivation.

Seeds of mid-early hybrid corn Kadr 267 MV, mid-early soybean variety Kyivska 27 mid-ripening variety of one-year white burkun Khersonsky souvenir, pre-maturing variety of fodder beans Orion were used for sowing. Sowing rates in mixed and single-species crops were: 25 kg/ha of corn, 10 kg/ha of white beans, 80 kg/ha of fodder beans, and 30 kg/ha of soybeans.

Research has established significant increases in the accumulation of organic residues on mixed crops of corn with soybeans (0.36–0.40 t/ha) and corn with white corn (0.42–0.44 t/ha). The analysis of the accumulation of nutrients in the organic residues showed that the nitrogen content in the plots after mixed sowing of corn on silage with burdock was in the range of 85.8–87.4 kg/ha, with soybeans – 83.7–85.7 kg/ha compared with single-species corn crops under control 54.3–55.7 kg/ha. Observations showed that the phosphorus content in the plots after mixed crops of corn on silage with burgun increased and was in the range of 20.8–21.6 kg/ha, with soybeans – 20.1–20.9 kg/ha compared to single-species crops of corn under control is 16.8–17.4 kg/ha. The content of potassium in the organic residues of mixed crops of corn on silage with burgun was also higher and was in the range of 60.3–62.1 kg/ha, with soybeans – 58.6–60.1 kg/ha compared to single-species crops of corn on control 53.1–54.1 kg/ha.

Key words: root and stubble residues, nitrogen, phosphorus, potassium, corn, white bean, soybean, fodder beans, mixed crops.

Постановка проблеми. У світовому рослинництві й землеробстві все більшого значення набирають системи ведення сільського господарства – ландшафтна альтернативна, екологічна, біологічна. Їх суть – орґано-біологічна система живлення рослин. У цьому плані великого

значення набувають заходи, спрямовані на повернення органічної речовини у ґрунт, яка вилучається з урожаєм культурами сівозміни. Тому, змішані посіви, зокрема з бобовими, розглядаються не лише як засіб поліпшення якості кормів, але також і як фактор підвищення родючості ґрунту

завдяки збільшенню кількості і якості післязби-
ральних залишків, особливо бобових складових.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Після збирання врожаю змішаних посівів кукурудзи на силос з високобілковими бобовими культурами на їх площі залишається більше кореневих залишків, ніж після одновидових посівів кукурудзи [1–8, 10]. Суміш кукурудзи з соєю залишає в ґрунті на 7% коренів більше, ніж одновидові посіви кукурудзи [1, 9–11]. Крім того, більшість вчених також вважає, що мінералізація кореневих залишків після змішаних посівів проходить активніше через вищий вміст сполук азоту в коренях бобових культур [1–4, 9].

Мета статті – обґрунтування органо-біологічної системи живлення рослин кукурудзи за використання одновидових і двовидових (з підсівом бобових культур) посівів.

Методика досліджень. Дослідження проводилися в навчально-виробничому відділі Уманського національного університету садівництва у 2020–2022 рр. з географічними координатами за Грінвічем 48° 46' північної широти, 30° 14' східної довготи і висотою над рівнем моря 245 м.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий [12], з гумусовим горизонтом (гумусу біля 1,5%) товщиною 40–45 см; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв на 100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 90–95%, сума ввібраних основ – 24,6 мг.екв на 100 г ґрунту. В орному шарі міститься 108,7 мг/кг ґрунту легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом); 59 мг/кг – рухомого фосфору (за Чиріковим); 120,5 мг/кг – обмінного калію (за Чиріковим). Об'ємна маса ґрунту складає 1,26–1,34 г/см³, найменша польова вологоємність 16,2% в орному і 14,6% в підорному шарах. Вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору й калію – за модифікованим методом Чирікова згідно з ДСТУ 4115- 2002.

Даний тип ґрунту за своїми фізико-хімічними властивостями родючий та відповідає вимогам досліджуваних культур.

Уміст кореневих залишків в шарі ґрунту 0–40 см під одновидовими посівами кукурудзи і змішаними з бобовими культурами в нашому досліді визначали за методом Н.С. Станкова, описаним З.М. Грицаєнко і співавторами [13]. Відібрані кореневі і стерньові залишки висушували до постійної маси, зважували, перераховували на одиницю площі і визначали в них вміст азоту, фосфору, калію методом мокрого озолення за МВВ 31-497058-019-2005.

На дослідній ділянці після збору попередника проводили зяблеву оранку на глибину 25 см. В міру підсихання гребенів проводили ранньовесняне боронування в два сліди боронами ЗБСС – 1,0 із наступною культивацією на глибину 6–8 см. Вносили мінеральні добрива N₁₂₀P₆₀K₉₀. Фосфорні і калійні добрива – восени під оранку ґрунту, а азотні – весною під культивацію.

Посів проводили в третій декаді квітня. Для посіву використовували насіння середньораннього

гібриду кукурудзи Кадр 267 МВ, середньораннього сорту сої Київська 27, середньостиглого сорту однорічного буркуну білого Херсонський сувенір, скоростиглого сорту бобів кормових Оріон. Глибина загортання насіння 5–6 см. Норми висіву в змішаних і одновидових посівах складали: кукурудзи 25 кг/га, буркуну білого 10 кг/га, бобів кормових 80 кг/га, сої 30 кг/га. Посів проводили агрегатом в складі: трактор ЮМЗ–6 Л та сівалка СУПН–8. Вслід за посівом поле прикочувалось з метою збереження та підтягнення вологи з нижніх шарів котками ЗККШ–6. Досходове боронування проводили двічі середніми боронами БЗСС–1,0. Після сходів у фазі 2–3 листків у кукурудзи, проводили боронування посівними боронами БП–0,6 в поперек рядків кукурудзи на пониженої передачі в середині дня, коли тургор рослин знижується. Для сівби використовували дві ширини міжрядь – 45 і 70 см.

Міжрядне рихлення проводили механізованим способом. Густоту стояння рослин (кукурудза 80 тис./га, буркун білий 2 млн/га, соя 220 тис./га, боби кормові 220 тис./га) формували при необхідності вручну в фазі 2–3 листочків у кукурудзи.

Основні результати досліджень. Із досліджуваних варіантів упродовж 2020–2022 рр. кращим бобовим компонентом у змішаному посіві виявився буркун білий, з яким суміш в ґрунті залишала 4,05–4,16 т/га сухих кореневих залишків. При цьому на стерньові залишки приходилась лише незначна частина (7–10% від загальної органічної маси, яка залишається після збирання врожаю). Серед досліджуваних варіантів найбільшими стерньовими залишками характеризувалися змішані посіви кукурудзи з буркуном білим (0,49 т/га) та соєю (0,46 т/га) при ширині міжрядь 45 см.

Зменшення стерньових залишків у варіантах одновидових і змішаних посівів при ширині міжрядь 70 см можна пояснити кращою освітленістю нижніх листків у рослин, які залишалися зеленими і не відпадали при збиранні врожаю.

Незважаючи на дещо більшу кількість стерньових залишків, які залишалися на поверхні ґрунту в варіантах одновидових і змішаних посівів при ширині міжрядь 45 см, загальна ж маса органічних залишків, яка складалася з вмісту кореневих і стерньових, переважала у варіантах з міжряддями 70 см.

Нашими дослідженнями встановлено значні прирости у нагромадженні органічних залишків змішаними посівами кукурудзи з соєю 0,36–0,40 т/га або 9,0–10,0% і кукурудзи з буркуном білим – 0,42–0,44 т/га або 10,0–11,0% (табл. 1).

Аналіз нагромадження в органічних залишках поживних елементів показав, що уміст в них азоту на ділянках після змішаних посівів кукурудзи на силос з буркуном знаходився в межах 85,8–87,4 кг/га, з соєю – 83,7–85,7 кг/га, порівняно з одновидовими посівами кукурудзи в контролі – 54,3–55,7 кг/га (табл. 2).

Спостереження показали, що уміст фосфору на ділянках після змішаних посівів кукурудзи

**Рослинні залишки після збирання врожаю змішаних посівів, т/га
(в середньому за 2020–2022 рр.)**

| Варіант досліджу | Залишки | | | приріст | |
|--------------------------|----------|-----------|--------|---------|------|
| | кореневі | стерньові | всього | т/га | % |
| Міжряддя 45 см | | | | | |
| Кукурудза (контроль) | 3,76 | 0,36 | 4,12 | – | – |
| Кукурудза + буркун білий | 4,05 | 0,49 | 4,54 | 0,42 | 10,0 |
| Кукурудза + боби кормові | 3,96 | 0,43 | 4,39 | 0,27 | 7,0 |
| Кукурудза + соя | 4,02 | 0,46 | 4,48 | 0,36 | 9,0 |
| Міжряддя 70 см | | | | | |
| Кукурудза (контроль) | 3,83 | 0,33 | 4,16 | – | – |
| Кукурудза + буркун білий | 4,16 | 0,44 | 4,60 | 0,44 | 11,0 |
| Кукурудза кормові боби | 4,04 | 0,40 | 4,44 | 0,28 | 7,1 |
| Кукурудза + соя | 4,11 | 0,45 | 4,56 | 0,40 | 10,0 |
| <i>HIP₀₅</i> | 0,15 | 0,02 | 0,19 | | |

Таблиця 2

**Уміст поживних речовин в рослинних рештках змішаних посівів
(в середньому за 2020–2022 рр.)**

| Варіант досліджу | Органічні залишки сухої маси, т/га | В сухій масі, % | | | Нагромадження з рослинними рештками, кг/га | | |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|--|-------------------------------|------------------|
| | | NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Міжряддя 45 см | | | | | | | |
| Кукурудза (контроль) | 4,12 | 1,32 | 0,41 | 1,29 | 54,3 | 16,8 | 53,1 |
| Кукурудза + буркун білий | 4,54 | 1,89 | 0,46 | 1,33 | 85,8 | 20,8 | 60,3 |
| Кукурудза + кормові боби | 4,39 | 1,81 | 0,42 | 1,28 | 79,4 | 18,4 | 56,1 |
| Кукурудза + соя | 4,48 | 1,87 | 0,45 | 1,31 | 83,7 | 20,1 | 58,6 |
| Міжряддя 70 см | | | | | | | |
| Кукурудза (контроль) | 4,16 | 1,34 | 0,42 | 1,30 | 55,7 | 17,4 | 54,1 |
| Кукурудза + буркун білий | 4,60 | 1,90 | 0,47 | 1,35 | 87,4 | 21,6 | 62,1 |
| Кукурудза + кормові боби | 4,44 | 1,83 | 0,44 | 1,29 | 81,2 | 19,5 | 57,2 |
| Кукурудза + соя | 4,56 | 1,88 | 0,46 | 1,32 | 85,7 | 20,9 | 60,1 |
| <i>HIP₀₅</i> | 0,19 | 0,08 | 0,02 | 0,05 | 4,1 | 0,8 | 2,4 |

на силос з буркуном підвищився і знаходився в межах 20,8–21,6 кг/га, з соєю – 20,1–20,9 кг/га, порівняно з одновидовими посівами кукурудзи в контролі 16,8–17,4 кг/га.

Вищим був також і вміст калію в органічних залишках змішаних посівів кукурудзи на силос з буркуном і знаходився в межах 60,3–62,1 кг/га, з соєю – 58,6–60,1 кг/га, порівняно з одновидовими посівами кукурудзи в контролі 53,1–54,1 кг/га.

Висновки. Цінність змішаних посівів кукурудзи з бобовими компонентами як заходу підвищення родючості ґранту полягає в тому, що вони залишають у ґрунті значно більшу кількість азоту і в деякій мірі – фосфору та калію, ніж одновидові посіви кукурудзи. Одержані в досліді дані вказують на доцільність розширення змішаних посівів взагалі і кукурудзи зокрема, оскільки в Україні вона є одною з основних кормових культур.

Література

1. Демидась Г. І., Ямкова В. В. Зміна продуктивності злаково-бобових сумішок на зелену масу залежно від густоти їх посіву. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 152–156.
2. Зінченко О. І., Демидась Г. І., Січкара А. О. *Кормовиробництво* : навчальне видання. 3-є вид., доп. і перероб. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2014. С. 376–387.
3. Зінченко О. І., Салатенко М. А., Білношко М. А. *Рослинництво* : підручник ; за ред. О. І. Зінченка. Умань : Сочінський М.М., 2016. 612 с.
4. Каленська С. М., Дмитришак М. Я., Демидась Г. І. *Рослинництво з основами кормовиробництва* : підручник. Вінниця : Нілан ЛТД, 2013. 650 с.
5. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. *Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур* : навч. посіб. Львів : Українські технології, 2006. 730 с.

6. Рогальський С. В., Січкара А. О., Вишневецька Л. В., Кравченко В. С., Гончар В. В. Продуктивність гібридів кукурудзи за різної густоти стояння рослин в південній частині Правобережного Лісостепу. *Актуальні питання сучасної агрономічної науки* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 15 листоп. 2017 р. Київ : Основа, 2017. С. 102–103.

7. Січкара А. О., Рогальський С. В., Вишневецька Л. В., Климович Н. М. Змішані посіви кукурудзи на силос з високобілковими компонентами в Правобережному Лісостепу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2018. № 2. С. 17–20.

8. Січкара А. О., Рогальський С. В., Вишневецька Л. В., Кононенко Л. М., Кравченко В. С. Продуктивність змішаних та одновидових посівів на зелений корм. *Актуальні питання сучасної агрономічної науки* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 15 листоп. 2017 р. Київ : Основа, 2017. С. 111–112.

9. Insani N., Nampo S., Natsir A. Growth characteristics of the corn crop planted with mixed crop planting system with Arachis pintoi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 492(1). 012023. Doi:10.1088/1755-1315/492/1/012023.

10. Ozlu E., Kumar, S., Arriaga, F. Responses of Long-Term Cattle Manure on Soil Physical and Hydraulic Properties under a Corn–Soybean Rotation at Two Locations in Eastern South Dakota. *Soil Science Society of America Journal*. 2019. 10(2136). Doi:10.2136/sssaj2019.03.0077.

11. Spencer G., Krutz L., Locke M., Gholson D., Bryant C., Mills B., Henry W., Golden B. Corn productivity and profitability in raised, stale seedbed systems with and without cover crops. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2021. 8(1). Doi:10.1002/cft2.20142.

12. World reference base for soil resources 2014 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 2015. 203. URL: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/world-reference-base/en/>

13. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунті. Київ.: Нічлава, 2003. 320 с.

References

1. Demidas, G. I., Yamkova, V. V. (2011). Zmina produktyvnosti zlakovo-bobovykh sumishey na zelenu masu zalezno vid hustoty yikh posivu [Change in the productivity of cereal-legume mixtures for green mass depending on the density of their sowing]. *Fodder and fodder production*. Issue 69, 152–156 [in Ukrainian].

2. Zinchenko, O. I., Demidas, G. I., Sichkar, A. O. (2014). *Kormovyrobnytstvo: navchal'ne vydannya. 3-ye vyd., dop. i pererob [Fodder production]: educational edition. 3-rd ed., add. and processing*. Vinnytsia: Nilan-LTD. P. 376–387 [in Ukrainian].

3. Zinchenko, O. I., Salatenko, M. A., Bilnozhko, M. A. (2016). *Roslynnnytstvo: pidruchnyk [Crop production: a textbook]*; Ed. O. I. Zinchenko. Uman: M.M. Sochinsky, 612 p [in Ukrainian].

4. Kalenska, S. M., Dmytryshak, M. Ya., Demidas, G. I. (2013). *Roslynnnytstvo z osnovamy kormovyrobnytstva: pidruchnyk [Crop production with the basics of fodder production: a textbook]*. Vinnytsia: Nilan LTD. 650 p [in Ukrainian].

5. Lykhochvor, V.V., Petrychenko, V.F. (2006). *Suchasni intensyvni tekhnolohiyi vyroshchuvannya osnovnykh pol'ovykh kul'tur: navch. posib. [Planting. Modern intensive technologies of cultivation of the main field crops: training. Manual]* Lviv: Ukrainian Technologies. 730 p [in Ukrainian].

6. Rogalskyi, S.V., Sichkar, A.O., Vyshnevskaya, L.V., Kravchenko, V.S., Gonchar, V.V. (2017). Produktivnist' hibrydiv kukurudzy za riznoyi hustoty stoyannya roslin v pivdenniy chastyni Pravoberezhnoho Lisostepu [Productivity of corn hybrids at different plant stand densities in the southern part of the Right Bank Forest Steppe]. *Current issues of modern agronomic science: materials of the 5th international science and practice conference*, Kyiv, November 15 2017. Kyiv: Osnova. P. 102–103 [in Ukrainian].

7. Sichkar, A.O., Rogalskyi, S.V., Vishnevskaya, L.V., Klymovych, N.M. (2018) Zmishani posivy kukurudzy na sylos z vysokobilkovymy komponentamy v Pravoberezhnomu Lisostepu [Mixed crops of corn for silage with high-protein components in the Right Bank Forest Steppe]. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*. Uman. No. 2. P. 17–20 [in Ukrainian].

8. Sichkar, A.O., Rogalskyi, S.V., Vishnevskaya, L.V., Kononenko, L.M., Kravchenko, V.S. (2017). Produktivnist' zmishanykh ta odnovydovykh posiviv na zelenyy korm [Productivity of mixed and single-species crops for green fodder]. *Current issues of modern agronomic science: materials of the 5th international science and practice conference*, Kyiv, November 15 2017. Kyiv: Osnova, 2017. P. 111–112 [in Ukrainian].

9. Insani, N., Nampo, S., Natsir, A. (2020). Growth characteristics of the corn crop planted with mixed crop planting system with Arachis pintoi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 492(1). 012023. Doi:10.1088/1755-1315/492/1/012023.

10. Ozlu, E., Kumar, S., Arriaga, F. (2019). Responses of Long-Term Cattle Manure on Soil Physical and Hydraulic Properties under a Corn–Soybean Rotation at Two Locations in Eastern South Dakota. *Soil Science Society of America Journal*. 10(2136). Doi:10.2136/sssaj2019.03.0077.

11. Spencer, G., Krutz, L., Locke, M., Gholson, D., Bryant, C., Mills, B., Henry, W., Golden, B. (2021). Corn productivity and profitability in raised, stale seedbed systems with and without cover crops. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 8(1). Doi:10.1002/cft2.20142.

12. World reference base for soil resources 2014 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 2015. 203 c. URL: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/world-reference-base/en/>

13. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. 2003. Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. Kyiv, 320 [in Ukrainian].