

DOI:10.32636/01308521.2023-(73)-2-7

УДК 633.15:631.895:631.582

**І. В. САВЕРИН, науковий співробітник**

**О. Й. КАЧМАР, кандидат сільськогосподарських наук**

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл.,

81115, e-mail: saverinilona229@gmail.com

## **ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ**

Вивчено вплив попередників і удобрення на водно-фізичні показники родючості ґрунту та продуктивність кукурудзи в короткоротаційних сівозмінах. Встановлено, що вища вологість сірого лісового ґрунту формується у зернових сівозмінах після попередника пшениця озима. За усередненими даними, на час сходів культури в орному шарі (0–20 см) неудобрених варіантів спостерігали 18,8–19,4 % польової і 34,8–36,2 мм продуктивної вологи, в підорному (20–40 см) – відповідно 20,3–20,8 % і 40,4–41,8 мм. Внесення безпосередньо під культуру мінеральних добрив у дозі  $N_{120}P_{100}K_{100}$  на фоні комплексного застосування побічної продукції пшениці озимої і зеленої маси післяжнивної редьки олійної в раціональній системі удобрення сприяло підвищенню досліджуваних показників до рівня 19,3–20,0 % і 35,4–36,9 мм в орному та 21,1–21,6 % і 41,1–42,5 мм у підорному шарах. Застосування  $N_{150}P_{120}K_{120}$  і аналогічних органічних удобрювальних складових у інтенсивній системі забезпечувало найвищі значення вологості ґрунтового середовища: 20,1–20,7 % і 36,7–38,0 мм (пласт ґрунту 0–20 см) та 21,8–22,2 % і 42,3–43,4 мм (20–40 см).

Спостереження за динамікою щільності ґрунту під кукурудзою показали, що на період сходів культури на контрольних варіантах вона змінювалася за досліджуваними сівозмінами в межах 1,15–1,21 г/см<sup>3</sup> в орному (0–20 см) і 1,23–1,31 г/см<sup>3</sup> в підорному (20–40 см) шарах. Нижчими її показники були у зернових сівозмінах після пшениці озимої (в орному шарі – 1,15–1,16 г/см<sup>3</sup>). Внесення органо-мінерального удобрення сприяло оптимізації щільності ґрунтового середовища.

Вищу продуктивність за виходом зернових одиниць отримано за вирощування кукурудзи у зернових сівозмінах з попередником пшениця озима. На неудобрених варіантах цей показник становив 4,50–4,64 т/га. Сумісне застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{120}P_{100}K_{100}$ , побічної продукції попередника та зеленої маси післяжнивної редьки олійної підвищувало його значення до 7,27–7,49 т/га. Внесення на цих же органічних фонах  $N_{150}P_{120}K_{120}$  сприяло отриманню 9,51–9,64 т/га виходу зерна. Найвищу кормову продуктивність кукурудзи отримано в зернових сівозмінах з

попередником пшениця озима. Внесення на органічних фонах рівня мінеральних добрив  $N_{120}P_{100}K_{100}$  в раціональній і  $N_{150}P_{120}K_{120}$  в інтенсивній системах удобрення забезпечило 9,74–10,04 і 12,74–12,92 т/га виходу кормових одиниць.

**Ключові слова:** кукурудза, сівозміни, попередники, удобрення вологість, щільність, урожайність, продуктивність.

**Ilona Saveryn, Oksana Kachmar**

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

### **Corn productivity under different fertilizer systems in short-rotation crop rotations**

The influence of predecessors and fertilizers on water-physical indicators of soil fertility and productivity of corn in short-rotation crop rotations was studied. It was established that the higher humidity of the gray forestal soil is formed in grain crop rotations after the predecessor of winter wheat. According to the averaged data, at the time of crop emergence in the arable layer (0–20 cm) of unfertilized variants, 18.8–19.4 % of field moisture and 34.8–36.2 mm of productive moisture were observed, in the sub-arable soil layer (20–40 cm), respectively 20.3–20.8 % and 40.4–41.8 mm. The application of mineral fertilizers in a dose of  $N_{120}P_{100}K_{100}$  directly under the culture on the background of a complex combination of by-products of winter wheat and green mass of post-harvest oil radish in a rational fertilization system contributed to the increase of the studied indicators to the level of 19.3–20.0 % and 35.4–36.9 mm in the arable and 21.1–21.6 % and 41.1–42.5 mm in the sub-arable soil layers. The use of  $N_{150}P_{120}K_{120}$  and similar organic fertilizer components in the intensive system provided the highest values of soil moisture: 20.1–20.7 % and 36.7–38.0 mm (0–20 cm soil layer) and 21.8–22.2 % and 42.3–43.4 mm (20–40 cm soil layer).

Observations of the dynamics of soil density under corn showed that during the period of crop emergence in the control variants it changed according to the investigated crop rotations within the range of 1.15–1.21 g/cm<sup>3</sup> in arable layer (0–20 cm) and 1.23–1.31 g/cm<sup>3</sup> in sub-arable soil layer (20–40 cm) layers. Its indicators were lower in grain crop rotations after winter wheat (in the arable layer – 1.15–1.16 g/cm<sup>3</sup>). The introduction of organo-mineral fertilizer contributed to the optimization of the density of the soil environment.

Higher productivity in terms of yield of grain units was obtained by growing corn in grain rotations with the predecessor winter wheat. On unfertilized options, this indicator was 4.50–4.64 t/ha. The combined use of mineral fertilizers in the dose of  $N_{120}P_{100}K_{100}$ , by-products of the precursor and green mass of post-harvest oil radish increased its value to 7.27–7.49 t/ha. Application of  $N_{150}P_{120}K_{120}$  on the same organic background contributed to obtaining 9.51–9.64 t/ha of grain yield. The highest fodder productivity of corn was obtained in grain rotations with the predecessor winter wheat. Application of mineral fertilizers  $N_{120}P_{100}K_{100}$  in rational and  $N_{150}P_{120}K_{120}$  in intensive fertilizing systems on organic backgrounds provided 9.74–10.04 and 12.74–12.92 t/ha yield of fodder units.

**Keywords:** corn, crop rotations, precursors, fertilizers, moisture, density, yield, productivity.

**Вступ.** Виробництво зерна є однією з вирішальних умов забезпечення продовольчої безпеки країни [16, 19, 27]. Особливої ваги завдання підвищення рівня зерновиробництва для як внутрішніх потреб держави, так і задоволення її експортних можливостей набуває в умовах воєнного стану.

Кукурудза є культурою з високим потенціалом продуктивності, реалізація якого значною мірою залежить від агротехнологій вирощування, основою яких є сівозміни й удобрення [1, 5, 7, 17, 20, 28].

В умовах науково обґрунтованих сівозмін забезпечується оптимізація водно-фізичних, агрохімічних показників родючості ґрунту, відбувається активізація мікробіологічних процесів, формується сприятливий фітосанітарний стан посівів та комфортне середовище для росту, розвитку та біопродукування сільськогосподарських культур [3, 6, 9, 29, 32].

У Карпатському регіоні за сучасних змін клімату влітку виникають тривалі бездошові періоди, які припадають на час найбільшого водоспоживання рослин, відбувається значне розбалансування режиму вологозабезпечення. Дефіцит вологи спостерігається як в орних, так і підорних пластах ґрунту. Тому важливим критерієм вибору попередника в сівозміні є культури, які сприяють накопиченню достатньої кількості продуктивної вологи, особливо у глибоких ґрунтових шарах, а також забезпечують оптимальні значення щільності ґрунту [18, 23, 24, 30, 34]. Із сучасних сівозмінних культур кращими попередниками для кукурудзи є зернові колосові та бобові [4, 8].

Місце кукурудзи в сучасних системах землеробства визначається не тільки біологічною реакцією культури на попередник, але і її насиченням у сівозміні, яке передбачає і повторну сівбу [25]. Науковими дослідженнями встановлено, що кукурудзу допустимо вирощувати в монокультурі, однак вища врожайність та економічна ефективність забезпечується в умовах науково обґрунтованих сівозмін [20, 28]. Дослідженнями, проведеними в різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що врожайність кукурудзи на зерно за повторної сівби знижується порівняно із розміщенням її після кращих попередників [28].

Важливим чинником високої продуктивності кукурудзи є удобрення [32, 33, 36]. Серед інших зернових культур вона потребує вищих рівнів мінерального живлення, що обумовлено формуванням

великої кількості (понад 10 т/га зерна та 40–50 т/га побічної продукції) біомаси, тривалим періодом вегетації та здатністю засвоювати поживні речовини ґрунту аж до визрівання зерна [26]. Тому для отримання вагомих урожаїв культури важливим є забезпечення достатньої кількості фізіологічно потрібних рослинам елементів живлення внесенням комплексів органічних і мінеральних добрив. Традиційним високоефективним джерелом поповнення ґрунтового середовища органікою є гній великої рогатої худоби, в умовах зниження обсягів виробництва якого альтернативою може бути побічна продукція попередника та зелена маса сидеральних культур [21].

Кукурудза, крім значної частки в структурі зернового сегменту регіональних посівних площ, займає одне з провідних місць серед кормових культур. Її використовують на зелений корм і силос для забезпечення тварин повноцінними концентрованими раціонами. Тому важливими й актуальними є наукові дослідження, які поруч з вивченням агротехнологічних факторів управління зерновою продуктивністю кукурудзи концентрують увагу і на особливостях вирощування культури на кормові цілі для поліпшення кормової бази тваринництва, нарощування поголів'я.

**Матеріали і методи.** Дослідження виконували протягом 2021–2022 рр. в умовах експериментального полігону, який має статус довготривалого стаціонарного польового дослідження і внесений до Реєстру стаціонарних дослідів України (номер атестата – 31). Дослід закладено на сірому лісовому поверхнево оглеєному крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті, який просторово розміщено в с. Ставчани. Кількість досліджуваних факторів – 2 (ділянки першого порядку – системи короткоротаційних сівозмін, другого – системи удобрення). Повторність триразова. Розташування варіантів послідовне. Загальна площа ділянки за сівозмінним фактором становить 810 м<sup>2</sup> (54 м x 15 м), за удобренням – 90 м<sup>2</sup> (15 м x 6 м), облікова – 52 м<sup>2</sup> (13 м x 4 м).

Досліджуються 8 польових п'ятишільних сівозмін 4 видів (плодозмінна, зерно-трав'яна, зернова, зерно-просапна) із різним чергуванням і набором сільськогосподарських культур і три системи удобрення: без внесення добрив (контроль); раціональні та інтенсивні рівні мінерального живлення на органічному фоні (побічна продукція попередника (п. п.) і зелена маса післяживної сидеральної культури – редьки олійної).

Експериментальні дані, висвітлені в цій статті, отримано з шести сівозмін дослідження з нумерацією згідно зі схемою: 1) багаторічні трави (конюшина лучна) – пшениця озима – картопля – кукурудза на зерно – ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної (плодозмінна, 60 %

насичення зерновими культурами (н. з. к.); 3) однорічні трави (вико-овес) – жито озиме – ріпак озимий – соя – кукурудза на зерно (зерно-трав'яна, 80 % н. з. к.); 4) горох – пшениця озима – овес – соя – кукурудза на зерно (зернова, 100 % н. з. к.); 6) соя – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес – жито озиме (зернова, 100 % н. з. к.); 7) боби кормові – пшениця озима – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно – овес (зернова, 100 % н. з. к.); 8) боби кормові – пшениця озима – кукурудза на зерно – кукурудза на зелену масу – овес (зерно-просапна, 80 % н. з. к.).

На органічних фонах у раціональній системі удобрення під кукурудзу вносили мінеральні добрива в дозі  $N_{120}P_{100}K_{100}$ , в інтенсивній –  $N_{150}P_{120}K_{120}$ . У досліді застосовували аміачну селітру (34 % д. р.), гранульований суперфосфат (19,5 % д. р.), калійну сіль (40 % д. р.). Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для ґрунтово-кліматичних умов зони.

Ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий поверхнево оглешений крупнопилувато-легкосуглинковий з такими агрохімічними властивостями (до закладки досліду): вміст гумусу 1,67–1,71 %, сума увібраних основ 4,4–5,0 мг-екв  $kg^{-1}$  ґрунту, легкогідролізного азоту 9,2–9,9 мг  $kg^{-1}$  ґрунту (визначення проводили методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015) [13], рухомого фосфору та обмінного калію – відповідно 10,8–11,13 і 9,3–9,5 мг  $kg^{-1}$  ґрунту (аналізували методом Кірсанова за ДСТУ 4405:2005) [10]. Реакція ґрунтового розчину  $pH_{KCl}$  4,70–4,84, гідролітична кислотність 2,26 мг-екв  $kg^{-1}$  ґрунту.

Відбір зразків ґрунту дослідних варіантів та їх підготовку до лабораторно-аналітичних робіт здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 [14] і ДСТУ ISO 11464-2001 [15] у динаміці з шарів 0–20 і 20–40 см. В отриманих зразках ґрунту визначали: вологість термостатно-ваговим методом згідно з ДСТУ ISO 11465:2001 [11]; щільність будови за ДСТУ ISO 11508:2005 [12]; запаси продуктивної вологи встановлювали розрахунковим методом.

Величини перелічених показників визначали з орного (0–20 см) і підорного (20–40 см) шарів протягом двох років (2021–2022 рр.) в 3 повтореннях і у 2 аналітичних паралелях (загалом за кожним з пластів,  $n = 12$ ).

Урожайність культури аналізували у стані технічної стиглості методом суцільного збирання облікових ділянок з перерахунком на стандартну вологість та чистоту кожного варіанта.

У процесі проведення досліджень використовували загальнонаукові та спеціальні методи. За допомогою польового

експерименту було отримано дані врожайності кукурудзи, мінливості водно-фізичних показників під впливом агротехнологічних факторів; лабораторно-аналітичним – встановлено кількісні характеристики перерозподілу досліджуваних чинників у ґрунтовому середовищі; розрахунково-порівняльним – обґрунтовано величину змін досліджуваних показників, математично-статистичним – математично достовірну різницю у продуктивності культури за варіантами удобрення.

**Результати та обговорення.** Важливою умовою досягнення високого рівня продуктивності сільськогосподарських культур є забезпечення протягом усієї вегетації оптимальних показників водно-фізичного стану ґрунту, які регулюють надходження вологи та елементів живлення в рослинний організм, запобігають виникненню фітоценотичних стресових ситуацій в посівах, формують середовище для росту, розвитку й біопродукування. Визначальними факторами управління водно-фізичними показниками ґрунту виступають науково обґрунтовані сівозміни та системи удобрення [2, 24, 30, 35].

Дослідженнями, проведеними в умовах стаціонарного досліду під кукурудзою, встановлено, що вища вологість сірого лісового ґрунту була в зернових сівозмінах після попередника пшениця озима (сівозміни 6 і 7). Так, на час сходів культури в орному шарі (0–20 см) контрольних варіантів спостерігали 18,8–19,4 % польової і 34,8–36,2 мм продуктивної вологи, в підорному (20–40 см) – відповідно 20,3–20,8 % і 40,4–41,8 мм (табл. 1).

Найнижчі показники відзначено під кукурудзою, яку вирощували після сої в зерновій сівозміні (сівозміна 4), зі значеннями 16,3 % і 28,3 мм в орному та 17,8 % і 32,8 мм у підорному пластах.

Внесення безпосередньо під культуру мінеральних добрив у дозі  $N_{120}P_{100}K_{100}$  на фоні комплексного застосування побічної продукції пшениці озимої і зеленої маси післяжнивної редьки олійної в раціональній системі удобрення сприяло підвищенню досліджуваних показників до рівня 19,3–20,0 % і 35,4–36,9 мм в орному та 21,1–21,6 % і 41,1–42,5 мм у підорному шарах.

Застосування  $N_{150}P_{120}K_{120}$  і аналогічних органічних удобрювальних складових у інтенсивній системі забезпечувало найвищі значення вологості ґрунтового середовища: 20,1–20,7 % і 36,7–38,0 мм (пласт ґрунту 0–20 см) та 21,8–22,2 % і 42,3–43,4 мм (20–40 см).

1. Вміст польової та запаси продуктивної вологи в ґрунті впродовж вегетації кукурудзи, 2021–2022 рр.

№ сівозміни	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см		Сходи		5–6 листків		Викладання волоті		Повна стиглість	
		%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Кукурудза на зерно											
Плодозміна, попередник картопля (60 % н. з. к.)											
1	Контроль	0–20	17,8	32,8	17,0	31,5	12,5	21,2	18,5	39,4	
		20–40	19,2	38,0	18,7	36,1	13,7	24,7	19,9	43,0	
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	0–20	18,4	33,4	17,6	32,5	13,1	22,3	19,5	41,6	
		20–40	20,0	39,1	19,3	37,5	14,6	26,7	21,0	45,9	
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	19,3	35,3	18,2	33,5	14,1	24,2	20,6	43,8	
		20–40	20,9	40,9	19,8	38,3	15,4	28,4	21,8	47,4	
Зерно-трава'яна, попередник соя (80 % н. з. к.)											
3	Контроль	0–20	17,5	31,5	16,7	30,4	11,9	25,7	18,2	39,1	
		20–40	19,1	36,7	18,5	35,9	13,4	23,8	19,8	47,8	
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	0–20	18,2	32,3	17,4	31,7	12,7	20,9	19,3	41,1	
		20–40	19,9	37,7	19,2	37,1	14,3	25,4	20,9	45,5	
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	0–20	19,1	34,2	18,0	32,8	13,7	23,0	20,4	43,5	
		20–40	20,7	39,4	19,8	38,4	15,2	27,8	21,7	47,3	
Зернова, попередник соя (100 % н. з. к.)											
4	Контроль	0–20	16,3	28,5	15,4	27,4	10,5	16,1	16,3	35,0	
		20–40	17,8	32,8	17,3	32,8	12,3	20,9	18,0	38,3	
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	0–20	17,0	29,7	16,1	28,6	11,3	17,7	17,8	37,5	
		20–40	18,6	34,7	17,9	33,8	13,0	22,3	19,2	40,9	
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	0–20	17,7	31,1	16,8	30,2	12,4	20,0	18,9	44,5	
		20–40	19,4	36,6	18,4	35,2	13,9	24,4	20,0	43,0	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)								
	Контроль	0-20	19,4	36,2	18,3	34,8	14,2	24,8	20,5	44,4
		20-40	20,8	41,8	20,0	39,7	15,3	28,6	21,8	48,0
6	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п. + сидерат	0-20	20,0	36,9	18,9	35,8	15,2	26,5	21,4	46,3
		20-40	21,6	42,5	20,7	40,9	16,3	30,6	22,7	50,2
		0-20	20,7	38,0	20,0	37,0	15,9	28,0	22,3	47,9
		20-40	22,2	43,4	21,4	42,2	17,1	32,3	23,7	52,5
		Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)								
	Контроль	0-20	18,8	34,8	17,8	33,6	13,6	23,2	19,8	42,5
		20-40	20,3	40,4	19,5	38,3	14,5	26,5	27,2	46,1
7	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п. + сидерат	0-20	19,3	35,4	18,4	34,9	14,5	24,7	20,8	44,4
		20-40	21,1	41,1	20,1	39,3	15,5	28,6	22,0	48,4
		0-20	20,1	36,7	19,1	35,8	15,3	26,3	21,6	46,1
		20-40	21,8	42,3	20,6	40,2	16,3	30,2	23,0	50,6
		Зернова, попередник кукурудза на зерно (100 % н. з. к.)								
	Контроль	0-20	17,2	30,9	16,4	29,6	11,9	19,3	17,6	37,9
		20-40	18,6	35,8	18,1	34,8	13,2	23,5	19,2	41,6
7	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	0-20	17,8	31,6	17,0	31,0	12,4	20,1	18,8	40,2
		20-40	19,5	36,8	18,5	36,1	14,0	25,3	20,3	44,0
		0-20	18,6	33,1	17,7	32,2	13,4	22,3	20,0	41,4
		20-40	20,3	38,4	19,3	37,0	14,8	26,9	21,1	46,1
		Кукурудза на зелену масу								
		Зерно-просапна, попередник кукурудза на зерно (80 % н. з. к.)								
	Контроль	0-20	17,2	30,8	16,3	29,4	11,8	19,3	19,1	38,7
		20-40	18,4	35,6	18,2	34,9	13,3	23,4	21,0	42,0
8	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	0-20	17,7	31,3	17,1	31,3	12,4	20,0	20,3	41,1
		20-40	19,6	36,9	18,6	36,2	13,9	25,3	21,9	44,6
		0-20	18,4	33,2	17,6	32,1	13,3	22,4	21,4	42,0
		20-40	20,1	38,4	19,4	37,1	14,7	26,7	22,3	46,3



Комплексне внесення під кукурудзу на фоні побічної продукції сої  $N_{120}P_{100}K_{100}$  в раціональній і  $N_{150}P_{120}K_{120}$  в інтенсивній системі удобрення забезпечувало підвищення польової вологості на 4,1–7,9 відсотків в орному і 4,3–8,2 відсотків в підорному шарах й продуктивної – на 4,0–8,4 % і 5,5–10,4 % відповідно за досліджуваними пластами. Незважаючи на такий надвишок у вологозабезпеченні порівняно до контролю, абсолютні значення цих показників були найнижчими з-поміж аналогічних удобрених фонів у всіх досліджуваних сівозмінах.

У подальших фазах вегетації вміст вологи у ґрунті значною мірою залежав від метеорологічних умов, зокрема кількості опадів, однак закономірності щодо її перерозподілу за сівозмінами і варіантами удобрення зберігалися до настання повної стиглості культури.

У період найбільшого водоспоживання кукурудзи в середньому за два роки досліджень польова вологість в орному шарі контрольних ділянок за всіма сівозмінами була в межах 15,4–18,2 % (фаза 5–6 листків) і 10,5–14,2 % (викидання волоті), запаси продуктивної – відповідно 27,4–34,8 і 16,1–24,8 мм, що не забезпечувало в повному обсязі потреби рослин. На варіантах органо-мінеральних систем удобрення вологозабезпеченість була вищою і за внесення складових інтенсивної досягала рівня 16,8–20,0 % польової і 30,2–37,0 мм продуктивної (фаза 5–6 листків) та 12,4–15,9 % і 20,0–28,0 мм (викидання волоті).

Важливою характеристикою агрофізичного стану ґрунту, від якої залежать утримання та збереження вологи, вміст і склад повітря, газообмін з атмосферою, умови життєдіяльності рослин і мікроорганізмів та продуктивність сільськогосподарських культур, є щільність ґрунту [23, 30, 34].

У наших дослідженнях важливий вплив на величину цього показника проявляли попередники і системи удобрення. Спостереження за динамікою щільності ґрунту під кукурудзою показали, що на період сходів культури значення цього показника за досліджуваними сівозмінами на контрольних варіантах змінювалися в межах 1,15–1,21 г/см<sup>3</sup> в орному (0–20 см) і 1,23–1,31 г/см<sup>3</sup> в підорному (20–40 см) шарах (табл. 2). Нижчими вони були в зернових сівозмінах після пшениці озимої (в орному шарі – 1,15–1,16 г/см<sup>3</sup>). У плодозмінній сівозміні, де попередником кукурудзи була картопля, цей показник формувався на рівні 1,18 г/см<sup>3</sup>, у зерновій з попередником кукурудза на зерно – 1,19 г/см<sup>3</sup>. Найвищі значення

щільності були після сої у зерно-трав'яній та зерновій сівозмінах з рівнем значень 1,21–1,22 г/см<sup>3</sup>.

## 2. Динаміка щільності сірого лісового ґрунту впродовж вегетації кукурудзи, г/см<sup>3</sup>, 2021–2022 рр.

№ сіво-зміни	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Сходи	5–6 листків	Викидання волоті	Повна стиглість
1	2	3	4	5	6	7
<b>Кукурудза на зерно</b>						
<b>Плодозмінна, попередник картопля (60 % н. з. к.)</b>						
1	Контроль	0–20	1,18	1,22	1,29	1,39
		20–40	1,24	1,28	1,36	1,42
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	0–20	1,15	1,21	1,26	1,37
		20–40	1,20	1,24	1,33	1,40
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	1,13	1,19	1,25	1,36
		20–40	1,19	1,23	1,32	1,39
<b>Зерно-трав'яна, попередник соя (80 % н. з. к.)</b>						
3	Контроль	0–20	1,21	1,23	1,33	1,42
		20–40	1,28	1,34	1,41	1,44
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п.	0–20	1,19	1,22	1,30	1,40
		20–40	1,26	1,32	1,38	1,43
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п.	0–20	1,17	1,21	1,28	1,39
		20–40	1,23	1,31	1,36	1,42
<b>Зернова, попередник соя (100 % н. з. к.)</b>						
4	Контроль	0–20	1,22	1,28	1,35	1,43
		20–40	1,31	1,37	1,42	1,44
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п.	0–20	1,20	1,26	1,33	1,42
		20–40	1,27	1,35	1,40	1,43
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п.	0–20	1,18	1,24	1,30	1,41
		20–40	1,25	1,33	1,38	1,43
<b>Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)</b>						
6	Контроль	0–20	1,15	1,22	1,27	1,37
		20–40	1,23	1,25	1,35	1,41
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п.	0–20	1,13	1,20	1,23	1,35
		20–40	1,18	1,23	1,32	1,39
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п.	0–20	1,11	1,19	1,22	1,33
		20–40	1,16	1,22	1,31	1,38

1	2	3	4	5	6	7
Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)						
7	Контроль	0–20	1,16	1,23	1,28	1,38
		20–40	1,25	1,30	1,37	1,42
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п. + сидерат	0–20	1,14	1,21	1,26	1,35
		20–40	1,19	1,25	1,34	1,40
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п. + сидерат	0–20	1,12	1,20	1,25	1,35
		20–40	1,17	1,24	1,33	1,39
Зернова, попередник кукурудза на зерно (100 % н. з. к.)						
7	Контроль	0–20	1,19	1,24	1,31	1,40
		20–40	1,26	1,31	1,37	1,44
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	0–20	1,17	1,22	1,29	1,39
		20–40	1,23	1,28	1,35	1,42
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	0–20	1,15	1,21	1,28	1,38
		20–40	1,22	1,27	1,33	1,42
Кукурудза на зелену масу						
8	Зерно-просапна, попередник кукурудза на зерно (80 % н. з. к.)					
	Контроль	0–20	1,20	1,24	1,30	1,35
		20–40	1,26	1,32	1,38	1,39
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	0–20	1,18	1,21	1,28	1,33
		20–40	1,24	1,27	1,34	1,37
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	0–20	1,17	1,19	1,26	1,31
20–40		1,23	1,25	1,32	1,36	

Застосування складових органо-мінеральних систем удобрення сприяло зниженню щільності сірого лісового ґрунту за всіма сівозмінами. Вищий рівень оптимізації показника щільності спостерігали за комплексного внесення під кукурудзу побічної продукції пшениці озимої, зеленої маси післяжнивної редьки олійної та N<sub>120</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> в раціональній і N<sub>150</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> в інтенсивній системах удобрення в зернових сівозмінах. На час сходів культури орні шари ґрунту цих варіантів відзначалися рівнем щільності в межах 1,11–1,14 г/см<sup>3</sup>, підорні – 1,16–1,19 г/см<sup>3</sup> (табл. 2).

З проходженням фаз вегетації культури щільність ґрунту збільшувалася як внаслідок самоущільнення, так і випадання дощів, однак закономірності за сівозмінами й удобренням зберігалися до повної стиглості культури. Найвищих значень цієї фізичної характеристики ґрунт набував до закінчення вегетації кукурудзи на неудобрених варіантах, і варіабельність його показників знаходилася в

інтервалі 1,35–1,43 г/см<sup>3</sup> в орному і 1,39–1,44 г/см<sup>3</sup> у підорному шарах. Дещо нижчою щільність була за використання кукурудзи на зелену масу, що пояснюється швидшим її збиранням, а відтак меншим періодом до настання рівноважного за цим показником стану ґрунту. Системи удобрення стримували процеси ущільнення ґрунтового середовища. Найнижчі показники на цей період були на інтенсивних органо-мінеральних фонах. За сівозмінами вони становили 1,33–1,41 г/см<sup>3</sup> в орному й 1,38–1,43 г/см<sup>3</sup> у підорному шарах ґрунту в умовах використання кукурудзи на зерно і 1,31 й 1,36 г/см<sup>3</sup> при збиранні на зелену масу.

Базовим критерієм оцінки ефективності ведення землеробства є продуктивність сільськогосподарських культур [27, 31]. В умовах дослідів вирощування кукурудзи на зерно в короткоротаційних сівозмінах після різних попередників за контрастних антропогенних навантажень забезпечувало формування неоднакового рівня продуктивності культури.

Вищий вихід зернових одиниць отримано за вирощування кукурудзи у зернових сівозмінах з попередником пшениця озима. На неудобрених варіантах цей показник становив 4,50–4,64 т/га. Сумісне застосування мінеральних добрив у дозі N<sub>120</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>, побічної продукції попередника та зеленої маси післяжнивної редьки олійної підвищувало його значення до рівня 7,27–7,49 т/га. Внесення на цих же органічних фонах N<sub>150</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> сприяло отриманню 9,51–9,64 т/га виходу зерна (табл. 3).

Нижчий рівень зернової продуктивності на удобрених варіантах відзначено після попередника соя за внесення рівня мінерального живлення рослин N<sub>120-150</sub>P<sub>100-120</sub>K<sub>100-120</sub> й побічної продукції сої: у зерно-трав'яній сівозміні її варіабельність становила 7,08–9,31 т/га, у зерновій – 6,89–9,11 т/га.

### 3. Продуктивність кукурудзи, середні значення за 2021–2022 рр.

№ сіво-зміни	Варіант удобрення	Урожай-ність, т/га	Вихід, т/га		
			зернових одиниць	кормових одиниць	перетравного протеїну
1	2	3	4	5	6
Кукурудза на зерно					
Плодозмінна, попередник картопля (60 % н. з. к.)					
1	Контроль	3,98	3,98	5,33	0,32
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	6,66	6,66	8,92	0,53
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	8,80	8,80	11,79	0,70

1	2	3	4	5	6
<b>Зерно-трав'яна, попередник соя (80 % н. з. к.)</b>					
3	Контроль	4,33	4,33	5,80	0,35
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	7,08	7,08	9,38	0,57
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	9,31	9,31	12,47	0,74
<b>Зернова, попередник соя (100 % н. з. к.)</b>					
4	Контроль	4,22	4,22	5,65	0,34
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	6,85	6,85	9,20	0,55
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	9,11	9,11	12,21	0,73
<b>Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)</b>					
6	Контроль	4,50	4,50	6,03	0,36
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п. + сидерат	7,27	7,27	9,74	0,58
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п. + сидерат	9,51	9,51	12,74	0,76
<b>Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)</b>					
7	Контроль	4,64	4,64	6,22	0,37
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п. + сидерат	7,49	7,49	10,04	0,60
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п. + сидерат	9,64	9,64	12,92	0,77
<b>Зернова, попередник кукурудза на зерно (100 % н. з. к.)</b>					
7	Контроль	3,58	3,58	4,80	0,29
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	6,31	6,31	8,45	0,50
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	8,44	8,44	11,31	0,67
<b>Кукурудза на зелену масу</b>					
<b>Зерно-просапна, попередник кукурудза на зерно (80 % н. з. к.)</b>					
8	Контроль	30,45	6,09	5,18	0,39
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + п. п.	47,60	9,52	8,09	0,62
	N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + п. п.	61,65	12,33	10,48	0,80

Кукурудза на зерно:

НР <sub>05</sub> , т/га	попередники	0,15–0,16
	удобрення	0,26–0,27

взаємодія

попередники + удобренья	0,38–0,39
-------------------------	-----------

Кукурудза на зелену масу:

НР <sub>05</sub> , т/га	2,8–2,9
-------------------------	---------

Внесення N<sub>120-150</sub>P<sub>100-120</sub>K<sub>100-120</sub> під кукурудзу у плодозмінній сівозміні без органічної складової (згідно зі схемою дослідження органі-

мінеральний комплекс передбачено під попередник культури картоплю) формувало зернову продуктивність у межах 6,66–8,80 т/га.

Найнижчий вихід зерна за всіма варіантами отримано в зерновій сівозміні в повторних посівах кукурудзи на зерно. На неодобрених фонах цей показник становив 3,58 т/га. Внесення мінеральних добрив у дозах  $N_{120}P_{100}K_{100}$  і  $N_{150}P_{120}K_{120}$  та побічної продукції попередника – кукурудзи на зерно – сприяло підвищенню виходу зерна до 6,31–8,44 т/га.

Найвищу кормову продуктивність кукурудзи отримано в зернових сівозмінах з попередником пшениця озима. Внесення на органічних фонах мінеральних добрив у дозах  $N_{120}P_{100}K_{100}$  в раціональній і  $N_{150}P_{120}K_{120}$  в інтенсивній системах удобрення забезпечило значення цього показника в межах 9,74–10,04 і 12,74–12,92 т/га виходу кормових одиниць.

Найменші величини кормової продуктивності відзначено за вирощування кукурудзи на зерно в повторних посівах. Застосування  $N_{120-150}P_{100-120}K_{100-120}$  зі заорюванням усієї побічної продукції кукурудзи на зерно сприяло формуванню 8,45–11,31 т/га кормових одиниць.

Аналіз виходу перетравного протеїну показав, що вищі його значення забезпечувалися в зерно-просапній сівозміні за вирощування кукурудзи на зелену масу. При отриманні 30,45 т/га врожаю на варіанті без добрив вихід перетравного протеїну становив 0,39 т/га. Сумісне внесення  $N_{120-150}P_{100-120}K_{100-120}$  і побічної продукції кукурудзи на зерно сприяло формуванню 47,60–61,65 т/га зеленої маси кукурудзи з вмістом перетравного протеїну на рівні 0,62–0,80 т/га. При її вирощуванні на зерно найвищий вихід перетравного протеїну (0,76–0,77 т/га) за врожаїв 9,51–9,64 т/га отримано у зернових сівозмінах на варіантах сумісного застосування  $N_{150}P_{120}K_{120}$ , побічної продукції попередника пшениці озимої й зеленої маси післяжнивної редьки олійної та у зерно-трав'яній сівозміні за цього ж рівня мінерального живлення і побічної продукції сої (0,74 т/га) при врожаї 9,31 т/га.

Найнижчим цей показник був за вирощування культури в повторних посівах зернової сівозміни. На неодобрених варіантах з урожаєм зерна 3,58 т/га вихід перетравного протеїну становив 0,29 т/га. За внесення  $N_{120-150}P_{100-120}K_{100-120}$  зі заорюванням усієї побічної продукції попередника кукурудзи на зерно при рівні врожаїв 6,31–8,44 т/га варіабельність його значень знаходилася в межах 8,45–11,31 т/га.

## **Висновки**

1. Вища вологість, нижча щільність сірого лісового ґрунту при вирощуванні кукурудзи формується в зернових сівозмінах після

попередника пшениця озима; за усередненими (2021–2022 рр.) даними на час сходів культури в орному шарі контрольних варіантів спостерігали 18,8–19,4 % польової і 34,8–36,2 мм продуктивної вологи за 1,15–1,16 г/см<sup>3</sup> щільності ґрунтового середовища.

2. Внесення органо-мінерального удобрення оптимізує показники вологозабезпеченості ґрунту та раціоналізує значення його щільності: комплексне застосування N<sub>150</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>, побічної продукції пшениці озимої і зеленої маси післяжнивної редьки олійної в зернових сівозмінах забезпечувало найвищі значення польової (20,1–20,7 %) і продуктивної (36,7–38,0 мм) вологи та найнижчі (1,11–1,12 г/см<sup>3</sup>) величини щільності.

3. Комплексне внесення N<sub>120-150</sub>P<sub>100-120</sub>K<sub>100-120</sub> на фонах післяжнивних сидератів й побічної продукції попередника у зернових сівозмінах сприяє вищому рівню продуктивності кукурудзи на зерно з виходом 7,27–9,64 т/га зернових й 9,74–12,92 т/га кормових одиниць.

4. Вищий рівень перетравного протеїну забезпечується у зерно-просапній сівозміні за вирощування кукурудзи на зелену масу: за врожайності 30,45 т/га на варіанті без добрив цей показник становив 0,39 т/га; за сумісного внесення N<sub>120-150</sub>P<sub>100-120</sub>K<sub>100-120</sub> і побічної продукції попередника (кукурудзи на зерно) від набував значень 0,62–0,80 т/га за рівня виходу зеленої маси 47,60–61,65 т/га.

#### Список використаної літератури

1. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С. П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 9–19.

2. Барвінський А. В. Фізичні властивості ґрунтів як важлива складова оцінки якості земель. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2007. Вип. 67. С. 35–42.

3. Борис Н. Є., Красюк Л. М. Поживний режим сірого лісового ґрунту залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційній зерновій сівозміні. *Агробіологія*. 2020. Вип. 2. С. 16–26. URL: [https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/boris\\_2\\_2020.pdf](https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/boris_2_2020.pdf) (дата звернення: 21.03.2023).

4. Вплив попередників, обробітку ґрунту та добрив на урожай і якість зерна кукурудзи в умовах Луганської

#### References

1. Asanishvili N. M., Buslaieva N. H., Shliakhturova S. P. The influence of agrochemical load on the supply of plant nutrients and the yield of corn in the Forest-Steppe. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 2020. Issue 32. P. 9–19.

2. Barvynskiy A. V. Physical properties of soils as an important component of land quality assessment. *Ahrokhimiya i hruntoznastvo*. 2007. Issue 67. P. 35–42.

3. Borys N. Ye., Krasiuk L. M. Nutrient regime of gray forestal soil depending on the systems of main cultivation and fertilization in short-rotation grain crop rotation. *Ahrobiolohiia*. 2020. Issue 2. P. 16–26. URL: [https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/boris\\_2\\_2020.pdf](https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/boris_2_2020.pdf) (last accessed: 21.03.2023).

4. The influence of precursors, tillage and fertilizers on the yield and quality of corn grain in the conditions of the Luhansk

області / С. В. Маслійов та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Вип. 4. С. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.02>.

5. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи / О. І. Лен та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. 2. С. 52–58. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.

6. Гамалей В. І., Драган М. І., Шкарівська Л. І. Родючість сірого лісового ґрунту за різних умов використання. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 7. С. 10–15.

7. Гангур В. В., Єремко Л. С., Руденко В. В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 37–43. DOI: [10.32851/2226-0099.2021.117.6](https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6).

8. 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.

9. Дегодюк Е. Г. Застосування побічної продукції рослинництва і сидератів у відновлювальному землеробстві України. Київ : Аграрна наука, 2014. 60 с.

10. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2005-05-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.

11. ДСТУ ISO 11465-2001. Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод. [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2002. 13 с.

12. ДСТУ ISO 11508:2005. Якість ґрунту. Визначення щільності частинок. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 8 с.

13. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-

region / S. V. Masliiiov et al. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2018. Issue 4. P. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.02>.

5. The influence of the fertilization system and the main tillage on the productivity of corn hybrids / O. I. Len et al. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2021. Issue 2. P. 52–58. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.

6. Hamaliei V. I., Drahan M. I., Shkarivska L. I. Fertility of gray forest soil under different conditions of use. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2010. No. 7. P. 10–15.

7. Hanhur V. V., Yeremko L. S., Rudenko V. V. The influence of elements of cultivation technology on the formation of productivity of corn hybrids of different maturity groups. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2021. No. 117. P. 37–43. DOI: [10.32851/2226-0099.2021.117.6](https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6).

8. Hospodarenko H. M., Prokopchuk I. V., Boiko V. P. Assimilation of basic nutrients from soil and mineral fertilizers by corn. *Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS*. 2019. Issue 95, Part 1. P. 76–89.

9. Dehodiuk E. H. Application of plant by-products and siderates in regenerative agriculture of Ukraine. Kyiv : Ahrarna nauka, 2014. 60 p.

10. DSTU 4405:2005. Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the NNC IGA. [Chynnyi vid 2005-05-30]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. 18 p.

11. DSTU ISO 11465-2001. Soil quality. Determination of dry matter and moisture by mass. Gravimetric method. [Chynnyi vid 2003-01-01]. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 2002. 13 p.

12. DSTU ISO 11508:2005. Soil quality. Determination of particle density. [Chynnyi vid 2008-01-01]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 8 p.

13. DSTU 7863:2015. Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv : UkrNDNTs, 2016. 9 p.

14. DSTU 4287:2004. Soil quality.



07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с.

14. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 9 с. (Національні стандарти України).

15. ДСТУ ISO 11464-2001. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків. [Чинний від 2002-04-02]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 19 с.

16. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Агроекономічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від фону удобрення та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 2. С. 313–318. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0140>.

17. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 63–65. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2016/04/14.pdf> (дата звернення: 20.03.2023).

18. 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.

19. Каменщук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 85–92.

20. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 74–84.

21. Лебідь Є. М., Коваленко В. Ю., Чабан В. І. Використання побічної продукції попередника під кукурудзу. *Бюл. Ін-ту зернового господарства*. 2003. № 20. С. 9–11.

22. Малієнко А. М., Скурятін Ю. М. Агрофізична концепція редукції продуктивності перелогів на сірому

Sampling. [Chynnyi vid 2005-07-01]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 9 p. (National standards of Ukraine).

15. DSTU ISO 11464-2001. Soil quality. Preliminary processing of samples. [Chynnyi vid 2002-04-02]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 19 p.

16. Dudka M. I., Yakunin O. P., Pustovyi S. I. Agro-economic efficiency of corn grain cultivation depending on the background fertilization and foliar fertilization. *Zernovi kultury*. 2020. Vol. 4, No. 2. P. 313–318. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0140>.

17. Yermakova L. M., Krestianinov Ye. V. Corn yield depending on fertilizer and hybrid on dark-gray podzolic soils. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2016. No. 4. P. 63–65. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2016/04/14.pdf> (last accessed: 20.03.2023).

18. Kalenska S. M., Taran V. H., Danyliv P. O. Peculiarities of yield formation of corn hybrids depending on fertilization, plant stand density and weather conditions. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 2018. No. 101. P. 42–49.

19. Kamenshchuk B. D. Ways of increasing the efficiency of growing corn for grain. *Kormy i kormovyrobnystvo*. 2020. Issue 89. P. 85–92.

20. Kaminskyi V. F., Asanishvili N. M. Formation of the quality of corn grain of different uses depending on the growing technology in the Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnystvo*. 2020. Issue 89. P. 74–84.

21. Lebid Ye. M., Kovalenko V. Yu., Chaban V. I. Use of by-products of predecessor for corn. *Biul. In-tu zernovoho hospodarstva*. 2003. No. 20. P. 9–11.

22. Maliienko A. M., Skuriatin Yu. M. Agrophysical concept of fallow productivity reduction on gray forestal soil. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2006. No. 2. P. 15–18.

23. Medvedev V. V., Lypets Ye. A., Lyndyna T. Ye. Influence of soil density on nutrient uptake by agricultural crops. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2002. No. 5. P. 11–15.

лісовому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 2. С. 15–18.

23. Медведєв В. В., Липець Є. А., Линдина Т. Є. Вплив щільності ґрунту на засвоєння сільськогосподарськими культурами поживних елементів. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 5. С. 11–15.

24. Пліско І. В., Уваренко К. Ю. Вплив агрофізичних параметрів чорнозему на ефективність азотних добрив при вирощуванні ячменю ярого. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 220–230.

25. Продуктивність сортів і гібридів кукурудзи за різних систем удобрення та беззмінного їх вирощування / А. В. Кохан та ін. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10 (799). С. 18–23. URL: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2019\\_10\\_03.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2019_10_03.pdf) (дата звернення: 22.03.2023).

26. Рудавська Н. М., Гук Р. М. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 123–134.

27. Системні фактори регулювання зернової продуктивності кукурудзи в різноротаційних сівозмінах степової зони / Л. М. Десятник та ін. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 37–44. DOI: 10.31867/2523-4544/0058.

28. Сучасні системи землеробства і нове трактування сівозміної цінності сільськогосподарських культур / М. С. Шевченко та ін. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 2. С. 319–329. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0141>.

29. Танчик С. П., Центилю Л. В., Цюк О. А. Вплив удобрення та обробітку ґрунту на врожайність культур сівозміни. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 8. С. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-02>.

30. Уваренко К. Ю. Вологість і щільність ґрунту як фактори ефективності мінеральних добрив. *Матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. «Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і сусільства»*, 19–20 берез. 2015 р.

24. Plisko I. V., Uvarenko K. Yu. Influence of agrophysical parameters of chernozem on the effectiveness of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring barley. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti*. 2016. Issue 20. P. 220–230.

25. Productivity of varieties and hybrids of corn under different fertilization systems and their unchanged cultivation / A. V. Kokhan et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2019. No. 10 (799). P. 18–23. URL: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2019\\_10\\_03.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2019_10_03.pdf) (last accessed: 22.03.2023).

26. Rudavska N. M., Huk R. M. The effect of fertilizer on the formation of the yield of corn hybrids. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2017. Issue 61. P. 123–134.

27. Systemic factors of regulation of grain productivity of corn in different rotational crop rotations of the steppe zone / L. M. Desiatnyk et al. *Zernovi kultury*. 2019. Vol. 3, No. 1. P. 37–44. DOI: 10.31867/2523-4544/0058.

28. Modern farming systems and a new interpretation of crop rotation value of agricultural crops / M. S. Shevchenko et al. *Zernovi kultury*. 2020. Vol. 4, No. 2. P. 319–329. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0141>.

29. Tanchyk S. P., Tsentylo L. V., Tsiuk O. A. The effect of fertilization and tillage on the yield of crop rotation. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2019. No. 8. P. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-02>.

30. Uvarenko K. Yu. Soil moisture and density as factors of the effectiveness of mineral fertilizers. *Materialy II Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. «Ekolohiia i pryrodokorystuvannia v systemi optymizatsii vidnosyn pryrody i suspilstva»*, 19–20 berez. 2015 r. Ternopil : Krok, 2015. P. 142–143.

31. Filonenko S. V. Formation of grain productivity of corn under different methods of basic tillage. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2013. No. 3. P. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.09>.

32. Tsyliuryk O. I., Desiatnyk L. M.,

Тернопіль : Крок, 2015. С. 142–143.

31. Філоненко С. В. Формування зернової продуктивності кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.09>.

32. Циліорик О. І., Десятник Л. М., Березовський С. В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 1. С. 152–159. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119>.

33. Arun Kumar M. A., Gali S. K., Hebsur N. S. Effect of Different Levels of NPK on Growth and Yield Parameters of Sweet Corn. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 2007. Vol. 20 (1). P. 41–43.

34. Effect of soil compaction on root growth and crop yield in Central and Eastern Europe / J. Lipiec et al. *International Agrophysics*. 2003. Vol. 17. P. 61–69.

35. Narayan S. C., Rana M., Moharana D. Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10 (2944). P. 1–15. DOI: [10.1038/s41598-020-59689-7](https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7).

36. Soil physical properties, nitrogen uptake and grain quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by tillage systems and nitrogen application / A. Wasaya et al. *Italian Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 13. P. 324–331.

Berezovskyi S. V. Weedness of corn agrocenoses under the influence of tillage and fertilization in the northern steppe of Ukraine. *Zernovi kultury*. 2020. Vol. 4, No. 1. P. 152–159. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119>.

33. Arun Kumar M. A., Gali S. K., Hebsur N. S. Effect of Different Levels of NPK on Growth and Yield Parameters of Sweet Corn. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 2007. Vol. 20 (1). P. 41–43.

34. Effect of soil compaction on root growth and crop yield in Central and Eastern Europe / J. Lipiec et al. *International Agrophysics*. 2003. Vol. 17. P. 61–69.

35. Narayan S. C., Rana M., Moharana D. Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10 (2944). P. 1–15. DOI: [10.1038/s41598-020-59689-7](https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7).

36. Soil physical properties, nitrogen uptake and grain quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by tillage systems and nitrogen application / A. Wasaya et al. *Italian Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 13. P. 324–331.

Отримано 30 березня 2023 р.  
Погоджено до друку 18 квітня 2023 р.