

УДК 631.51:631.42:633.34:635.652
(477.46)

DOI:10.37128/2707-5826-2026-4-6

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ
ПАРАМЕТРИ ҐРУНТУ
ПОСІВІВ СОЇ ТА КВАСОЛІ ЗА
РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ
В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

В. В. ЯЦЕНКО, доктор с.-г. наук, доцент

Н. В. ЯЦЕНКО, доктор с.-г. наук,
професор

А. О. ЯЦЕНКО, доктор с.-г. наук, професор

В. В. ОСТАПЧУК, доктор філософії

В. С. ГОРБЕНКО, аспірант кафедри
рослинництва

І. С. ЛУЦЕНКО, аспірант кафедри
рослинництва

Уманський національний університет

У статті представлено результати комплексного дослідження впливу систем основного обробітку ґрунту різної інтенсивності на формування агрофізичних та агрохімічних властивостей чорнозему опідзоленого важкосуглинкового в агроценозах сої та квасолі овочевої в умовах Правобережного Лісостепу України. Польові дослідження проводили впродовж 2024–2026 рр. за схемою розщеплених ділянок (split-plot) у чотириразовій повторності. Вивчали традиційну систему обробітку ґрунту, мінімізовану (mini-till) та смугову (strip-till). Об'єктами дослідження були сорти сої ЕС Ментор і Паллада та квасолі овочевої Berggold і Fruidor. Оцінювали профільний розподіл щільності ґрунту в шарі 0–60 см, а також вміст доступних форм макро- і мікроелементів залежно від технологічних особливостей обробітку та вирощуваної культури.

Встановлено диференційований вплив досліджуваних систем на фізичний стан ґрунтового профілю та забезпеченість рослин елементами мінерального живлення. Традиційний обробіток забезпечував найнижчу щільність ґрунту у верхньому шарі 0–20 см, формуючи сприятливі передумови для розвитку кореневої системи. За використання mini-till і особливо strip-till спостерігалось локальне підвищення щільності у шарах 21–50 см, що вказує на неоднорідність агрофізичного стану ґрунтового профілю. Водночас ґрунтозахисні системи характеризувалися сприятливішими агрохімічними показниками. Найвищий вміст доступних форм азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію та мікроелементів Fe, Mn і Si встановлено за strip-till. У посівах квасолі овочевої накопичення поживних елементів було інтенсивнішим порівняно із соєю, що може відображати відмінності у функціонуванні ризосфери та біологічному кругообігу речовин. Отримані результати засвідчують наявність агрофізичних і агрохімічних компромісів між системами обробітку ґрунту. Традиційна система забезпечувала сприятливіший фізичний стан верхнього шару, тоді як strip-till характеризувалася вищою забезпеченістю доступними елементами живлення. Встановлені закономірності обґрунтовують доцільність диференційованого вибору систем обробітку з урахуванням ґрунтових умов, біологічних особливостей культур та необхідності збереження ресурсного потенціалу агроєкосистем.

Ключові слова: система обробітку ґрунту, mini-till, strip-till, щільність ґрунту, макроелементи, мікроелементи.

Табл. 2, Рис. 1, Літ. 22.

Постановка проблеми. Сучасне землеробство орієнтоване на впровадження ресурсозберігаючих технологій, які забезпечують не лише стабільну продуктивність культур, а й збереження родючості ґрунту.



PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF SOIL UNDER SOYBEAN AND COMMON BEAN CROPS AS AFFECTED BY DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE © 2026 by Yatsenko V.V., Yatsenko N.V., Yatsenko A.O., Ostapchuk V.V., Horbenko V.S., Lutsenko I.S. is licensed under CC BY 4.0

Одним із ключових елементів таких технологій є система основного обробітку ґрунту, від якої значною мірою залежать його фізичні та хімічні властивості, інтенсивність біологічних процесів, накопичення органічної речовини й ефективність використання вологи. Водночас зміни цих показників визначаються не лише способом обробітку, а й ґрунтово-кліматичними умовами та тривалістю застосування відповідної технології [1–3]. У перші роки переходу до ґрунтозахисних систем можливі тимчасові зміни агрофізичних показників і рівня продуктивності культур [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У більшості країн Європи традиційний полицевий обробіток залишається основною технологією вирощування сої, хоча останнім часом активно впроваджуються мінімізовані системи, зокрема mini-till і strip-till. Результати досліджень щодо їх ефективності є неоднозначними: одні автори відзначають переваги традиційного обробітку, інші – ґрунтозахисних технологій, тоді як окремі дослідження не виявили істотних відмінностей між системами за рівнем продуктивності культур [5–7].

Інтенсивний механічний обробіток покращує фітосанітарний стан посівів і частково обмежує розвиток шкідливих організмів [8–10], проте водночас може спричиняти деградацію структури ґрунту, втрати вологи, формування плужної підшви та посилення ерозійних процесів [11–13]. Саме тому все більшого поширення набувають технології мінімального та смугового обробітку, які сприяють накопиченню рослинних решток, зменшенню енергетичних витрат і покращенню екологічної стійкості агроєкосистем [14, 15].

Особливої актуальності питання оптимізації систем обробітку набуває в умовах Правобережного Лісостепу України, де зміни температурного режиму та нерівномірний розподіл опадів істотно впливають на функціонування ґрунтової системи та продуктивність зернобобових культур [16]. Соя і квасоля є важливими джерелами рослинного білка та відіграють значну роль у забезпеченні продовольчої безпеки, тому збереження оптимального фізико-хімічного стану ґрунту є необхідною умовою їх стабільного вирощування [17–19].

Мета дослідження полягала у визначенні впливу традиційної, мінімізованої (mini-till) та смугової (strip-till) систем обробітку ґрунту на формування фізико-хімічних параметрів чорнозему опідзоленого у посівах сої та квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України протягом 2024–2026 років.

Умови та методика проведення досліджень. Польовий експеримент було проведено у 2024–2026 роках на базі Уманського національного університету (Умань, Україна). Дослідне поле розташована в зоні помірно-континентального клімату.

Ґрунт дослідної ділянки представлений чорноземом опідзоленим важкосуглинкового гранулометричного складу з добре розвиненим гумусовим горизонтом глибиною 40–45 см та вмістом гумусу близько 2,9 % [20].

Реакцію ґрунтового розчину (рН) визначали у водній витяжці за співвідношення ґрунт : вода 1:1. Електропровідність (ЕСе) ґрунтової суспензії вимірювали за допомогою кондуктометра. Вміст доступних форм фосфору (Р) та калію (К) визначали методом ABDTPA [21]. Зразки ґрунту відбирали в чотириразовій повторності з рядків посівів сої та квасолі у центральній частині кожної ділянки. Ці точки обирали через дуже низький рівень руху людей і сільськогосподарської техніки. Зразки ґрунту відбирали за допомогою циліндричних кернів на шести різних глибинах: 0–10 см, 11–20 см, 21–30 см, 31–40 см, і 41–50 см і 50–60 см. Усі зразки ґрунту відбирали навесні – після сівби та восени – перед початком осіннього обробітку ґрунту. Зразки висушували на повітрі впродовж 72 годин, подрібнювали та просіювали через сито з діаметром отворів 2 мм, аналізували на вміст макро- та мікроелементів. Вміст доступних форм калію (К), кальцію (Ca), магнію (Mg), заліза (Fe), марганцю (Mn) та міді (Cu) визначали методом Mehlich-3 [22].

Польовий експеримент було закладено за схемою split-plot в чотирикратній повторності. Першим фактором були середньостиглі сорти сої ЕС Ментор і Паллада та ранньостиглі сорти квасолі Berggold і Fruidor. Другим фактором дослідів була система обробітку ґрунту: А – традиційна (оранка), В – мінімізований обробіток (поверхневий, mini-till), С – стрічковий обробіток (strip-till).

Попередником впродовж 2024–2025 рр. було тритікале озиме з традиційною системою обробітку. Строки сівби початок травня. Густота посіву становила 450 тис. схожих насінин. Технологія вирощування була типовою і загальноприйнятою для Лісостепу. Площа облікової ділянки для сівби становила 20 м², для збирання врожаю – 15 м².

Підбір ґрунтообробних машин та знарядь відрізнявся залежно від системи обробітку ґрунту. За традиційного та мінімізованого обробітку (А і В) після збирання тритікале проводили дискування на глибину 5–6 см, потім восени за традиційного обробітку (А) – оранка на глибину 25 см., навесні – боронування. Після цього як за традиційного, так і за мінімізованого обробітку (А і В) виконували поверхневий обробіток дисковою бороною на глибину 5–6 см. Сівбу за традиційного та мінімізованого обробітку (А і В) проводили сівалкою Horsch Avatar (Horsch Maschinen GmbH, Німеччина), тоді як за strip-till (С) сівбу безпосередньо в стерню здійснювали сівалкою Mzuri виробництва Valtra (Фінляндія).

Для контролю забур'яненості за системи Strip-till восени застосовували гербіцид Klinik Free 360 SL, тоді як на інших варіантах навесні використовували SINGLIF 360 SL. Упродовж вегетації застосовували гербіцид Клеріо, а також грамініцид Фюзілад Форте. Крім того, застосовували фунгіцид Амістар Екстра.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою багатофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2019 StatPlus.

Результати досліджень. Аналіз щільності ґрунту у посівах сої та квасолі за різних систем обробітку у 2024–2025 рр. засвідчив суттєву диференціацію агрофізичних показників залежно від інтенсивності механічного впливу та глибини ґрунтового профілю. У посівах сої найнижча щільність навесні формувалася за традиційної системи: у шарах 0–10 та 11–20 см вона становила 0,38 і 0,62 МПа відповідно, що свідчить про сприятливий водно-повітряний режим і високий ступінь розпушення орного шару. Водночас за mini-till і особливо strip-till у шарах 21–50 см спостерігалось підвищення щільності до 3,86–4,06 МПа, що вказує на формування ущільненого підорного горизонту.

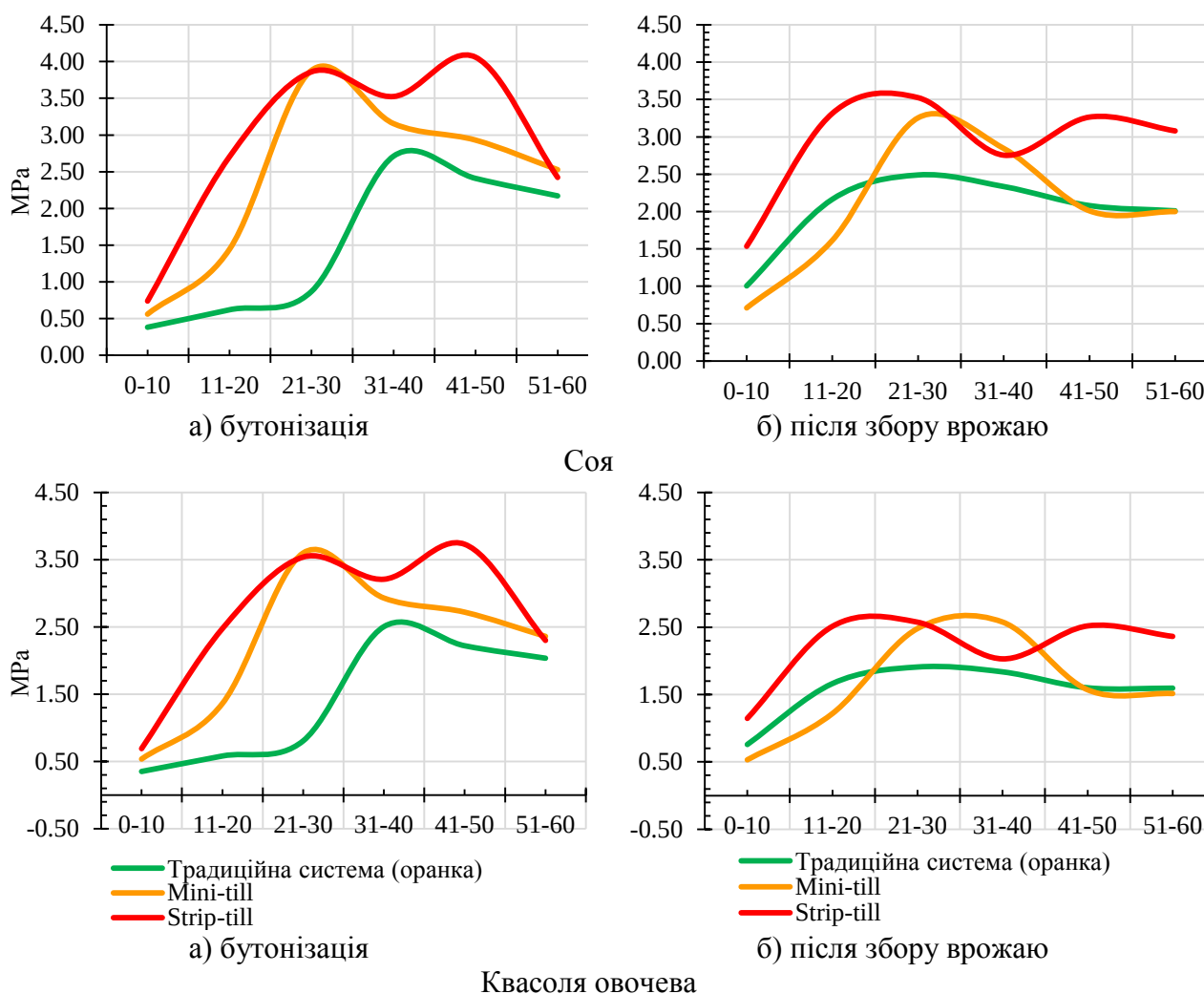


Рис. 1. Щільність ґрунту в посівах сої та квасолі звичайної:
а) на початку бутонізації; б) після збору врожаю

Джерело: Сформовано на основі власних досліджень

Восени у посівах сої за strip-till щільність залишалася найвищою у шарах 11–30 та 41–60 см (3,08–3,53 МПа), тоді як традиційна система забезпечувала більш рівномірний розподіл показників по профілю ґрунту. Аналогічні закономірності відзначалися і в посівах квасолі, де за традиційного обробітку щільність орного шару була найнижчою (0,35–0,81 МПа), а за mini-till і strip-till у шарах 21–50 см зростала до 3,54–3,73 МПа.

Отже, традиційний обробіток забезпечував оптимальний агрофізичний стан ґрунту, тоді як мінімалізовані системи сприяли локальному ущільненню, що може обмежувати розвиток кореневої системи та погіршувати водно-повітряний режим ґрунту.

Аналіз вмісту макро- (табл. 1) та мікроелементів (табл. 2) у посівах сої та квасолі засвідчив виражений вплив системи обробітку ґрунту на агрохімічний стан орного шару та інтенсивність акумуляції елементів живлення.

Таблиця 1

Вплив систем обробітку ґрунту на вміст окремих макроелементів у шарі ґрунту 0–60 см, 2024–2026

Культура	Сорт (фактор А)	Система обробітку (фактор Б)	Ca	Mg	NO ₃	NH ₄	K	P	S	Na
Соя	ЕС Ментор	Традиційна	1306	254	4,17	7,9	90	78	7,4	24,4
		Mini-till	1386	269	4,48	8,2	95	87	8,6	26,7
		Strip-till	1405	276	4,53	8,4	107	95	9,0	27,1
	Паллада	Традиційна	1495	261	4,24	8,1	92	83	7,5	25,0
		Mini-till	1560	270	4,57	8,4	95	92	8,9	27,3
		Strip-till	1600	274	4,63	8,5	111	99	9,2	27,6
HIP ₀₅		A	53	10	0,21	0,41	3	4	0,4	1,2
		B	43	8	0,17	0,34	3	3	0,3	1,0
		A×B	75	14	0,30	0,58	5	5	0,5	1,8
Квасоля овочева	Berggold	Традиційна	1622	316	5,18	9,8	112	97	9,2	30,3
		Mini-till	1690	329	5,46	10,0	116	106	10,5	32,6
		Strip-till	1713	336	5,53	10,2	130	116	11,0	33,1
	Fruidor	Традиційна	1846	322	5,24	9,9	114	103	9,3	30,9
		Mini-till	1880	325	5,50	10,1	115	111	10,7	32,9
		Strip-till	1928	330	5,58	10,3	134	119	11,1	33,2
HIP ₀₅		A	74	16	0,22	0,34	5	5	0,4	1,7
		B	61	13	0,18	0,28	6	4	0,3	1,4
		A×B	105	23	0,31	0,48	9	8	0,6	2,4

Джерело: Сформовано на основі власних досліджень

Встановлено, що мінімалізація механічного впливу на ґрунт у варіантах mini-till і особливо strip-till сприяла підвищенню концентрації основних макроелементів (Ca, Mg, K, P, S), а також доступних форм азоту (NO₃⁻ та NH₄⁺). Вміст NH₄⁺ у ґрунті був на 1,4–6,2 % меншим за традиційного обробітку порівняно з mini-till і strip-till (див. табл. 1).

У посівах сої найвищі показники вмісту елементів живлення відзначено за системи strip-till, де у сорту Паллада концентрація калію досягала 111 мг/кг, фосфору – 99 мг/кг, а вміст Fe і Mn становив відповідно 118 та 105 мг/кг, що достовірно перевищувало контрольні варіанти традиційної системи.

Таблиця 2

Вплив систем обробітку ґрунту на вміст окремих мікроелементів у шарі ґрунту 0–60 см, 2024–2026

Культура	Сорт (фактор А)	Система обробітку (фактор Б)	Fe	Mn	Cu
Соя	ЕС Ментор	Традиційна	102	96	1,4
		Mini-till	110	100	1,6
		Strip-till	113	104	1,7
	Паллада	Традиційна	106	98	1,5
		Mini-till	115	102	1,7
		Strip-till	118	105	1,8
НІР ₀₅		А	5	6	0,06
		В	4	5	0,05
		А×В	7	8	0,08
Квасоля овочева	Berggold	Традиційна	127	119	1,8
		Mini-till	134	122	2,0
		Strip-till	138	127	2,1
	Fruidor	Традиційна	131	121	1,9
		Mini-till	138	123	2,1
		Strip-till	142	127	2,2
НІР ₀₅		А	5	7	0,07
		В	4	6	0,06
		А×В	7	10	0,10

Джерело: Сформовано на основі власних досліджень

Аналогічна тенденція простежувалася і для сорту ЕС Ментор, де застосування ґрунтозахисних технологій забезпечувало зростання забезпеченості рослин кальцієм, магнієм і мікроелементами.

У посівах квасолі звичайної виявлено ще вищий рівень акумуляції елементів живлення, особливо у сорту Fruidor за strip-till, де вміст Ca становив 1928 мг/кг, K – 134 мг/кг, P – 119 мг/кг, а концентрація Fe досягала 142 мг/кг. Це свідчить про вищу інтенсивність поглинання та трансформації поживних речовин квасолею порівняно із соєю, що може бути пов'язано з особливостями функціонування кореневої системи та її ризосферної активності.

Виявлено, що ґрунтозахисні системи обробітку, насамперед strip-till, формують більш сприятливі агрохімічні умови для мобілізації та накопичення макро- і мікроелементів у агроценозах бобових культур, що забезпечує підвищення ефективності мінерального живлення, стабілізацію біогеохімічних процесів у ґрунті та створює передумови для реалізації вищого продуктивного потенціалу сої і квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України.

Висновки і перспективи досліджень У результаті проведених досліджень встановлено, що система основного обробітку ґрунту є одним із визначальних чинників формування агрофізичного та агрохімічного стану чорнозему опідзоленого у посівах сої та квасолі.

Традиційна система забезпечувала найменшу щільність орного шару (0–20 см), що створювало сприятливі умови для розвитку кореневої системи та покращення водно-повітряного режиму ґрунту. Водночас застосування mini-till і strip-till супроводжувалося локальним ущільненням у шарах 21–50 см, яке не досягало критичних значень, але потребує постійного моніторингу за тривалого використання цих технологій.

Встановлено, що ґрунтозахисні системи обробітку, особливо strip-till, сприяють накопиченню доступних форм макро- і мікроелементів (К, Р, Са, Mg, Fe, Mn, Cu), а також азоту у формах NH_4^+ і NO_3^- . Це свідчить про активізацію біогеохімічних процесів, поліпшення мінерального живлення рослин та підвищення потенційної родючості ґрунту. Найвищі показники забезпеченості елементами живлення встановлено у посівах квасолі, що характеризує цю культуру як більш ефективну щодо використання ґрунтових ресурсів.

Отримані результати підтверджують, що традиційний обробіток є доцільним для швидкого покращення агрофізичних властивостей ґрунту, тоді як strip-till є більш перспективною технологією для довготривалого збереження родючості та оптимізації агрохімічного стану ґрунту.

Список використаної літератури

1. Page K.L., Dang Y.P., Dalal R.C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. P. 31. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>.
2. Derpsch R., Kassam A., Reicosky D., Friedrich T., Calegari A., Basch G., Gonzalez-Sanchez E., dos Santos D. Nature's Laws of Declining Soil Productivity and Conservation Agriculture. *Soil Security*. 2024. Vol. 14. P. 100127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100127>.
3. Arp J.T., Sanyal D., Kaur J., Karki D., Bly A. Exploring the nexus between regenerative agriculture and soil health: a special emphasis on semi-arid and arid agriculture. *Frontiers in Agronomy*. 2026. Vol. 8. P. 1666008. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1666008>.
4. Zhu Y., Li Z., Zhao D., Zhang B., Zhu B., Yao Z., Kiese R., Butterbach-Bahl K., Zhou M. Effects of Conservation Agriculture on Soil N_2O Emissions and Crop Yield in Global Cereal Cropping Systems. *Global Change Biology*. 2025. Vol. 31. P. e70048. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.70048>.
5. Chetan F., Chetan C., Bogdan I., Pop A.I., Moraru P.I., Rusu T. The Effects of Management (Tillage, Fertilization, Plant Density) on Soybean Yield and Quality in a Three-Year Experiment under Transylvanian Plain Climate Conditions. *Land*. 2021. Vol. 10. P. 200.
6. Дудченко В.В., Мечет А.О. Урожайність сортів сої залежно від заходів основного обробітку ґрунту та гербіцидного захисту в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*, 147(1), 20226. 173–182. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.22>.

7. Raza S., Atkinson B., Hossain I., Shin H.-C., Cooper H., Sturrock C., Riche A., Hawkesford M., Mooney S. Zero tillage impacts on soil physical properties but not on crop yield. *European Journal of Agronomy*. 2026. Vol. 177. P. 128104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2026.128104>.
8. Bechmann M.E., Boe F. Soil Tillage and Crop Growth Effects on Surface and Subsurface Runoff, Loss of Soil, Phosphorus and Nitrogen in a Cold Climate. *Land*. 2021. Vol. 10. P. 77.
9. Poggi S., Le Cointe R., Lehmhus J., Plantegenest M., Furlan L. Alternative Strategies for Controlling Wireworms in Field Crops: A Review. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. P. 436.
10. Kuka A., Czyż K., Smoliński J., Cholewińska P., Wyrostek A. The Interactions between Some Free-Ranging Animals and Agriculture – A Review. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. P. 628.
11. Telak L.J., Pereira P., Ferreira C.S.S., Filipovic V., Filipovic L., Bogunovic I. Short-Term Impact of Tillage on Soil and the Hydrological Response within a Fig (*Ficus Carica*) Orchard in Croatia. *Water*. 2020. Vol. 12. P. 3295.
12. Cheţan F., Rusu T., Chetan C., Urda C., Rezi R., Simon A. Influence of soil tillage systems on the yield and weeds infestation in the soybean crop. *Land*. 2022. Vol. 11. P. 1708. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11101708>.
13. Ankireddypalli J.K., Das S., Bhattacharyya R., Das R., Dey A., Biswas D.R., Das T.K., Prasanna R., Aditya K. Organic Carbon Stabilization and Carbon Cycling Enzymes Within Soil Aggregates Under Conservation Agricultural Practices in Sub-Tropical India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2026. Vol. 26. P. 4327–4342. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-026-03149-0>.
14. Cheţan F., Rusu T., Cheţan C., Şimon A., Vălean A.-M., Ceclan A.O., Bărdaş M., Tărau A. Application of Unconventional Tillage Systems to Maize Cultivation and Measures for Rational Use of Agricultural Lands. *Land*. 2023. Vol. 12 (11). P. 2046. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12112046>.
15. Gozubuyuk Z., Sahin U., Celik A. Operational and yield performances and fuel-related CO₂ emissions under different tillage-sowing practices in a rainfed crop rotation. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2020. Vol. 17. P. 4563–4576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02804-y>.
16. Кравченко В.С., Крикун С.П. Екологічне випробування середньостиглих сортів сої культурної в контрастних умовах довкілля. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 2 (47). 86–92. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.11>.
17. Lisciani S., Marconi S., Le Donne C., Camilli E., Aguzzi A., Gabrielli P., Gambelli L., Kunert K., Marais D., Vorster B.J., Alvarado-Ramos K., Reboul E., Cominelli E., Preite C., Sparvoli F., Losa A., Sala T., Botha A.M., Ferrari M. Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations. *Frontiers in Nutrition*. 2024. Vol. 11. P. 1385232. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1385232>.

18. Yatsenko V., Poltoretskiy S., Yatsenko N., Poltoretska N., Mazur O. Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26 (7). P. 79–94. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.79>.

19. Abd-Alla M.H., Hassan E.A., Khalaf D.M., Mohammed E.A., Bashandy S.R. Harnessing Silicon and Nanosilicon Formulations with Rhizobium/Bradyrhizobium for the Sustainable Enhancement of Biological Nitrogen Fixation in Legumes and Climate Change Mitigation. *International Journal of Molecular Sciences*. 2026. Vol. 27 (4). P. 2031. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms27042031>.

20. Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Літвінова О.А. *Наукові основи відтворення родючості ґрунтів і екологічна безпека у системах землеробства Полісся та Лісостепу України: монографія* / за ред. С. Е. Дегодюка. Київ: Аграрна наука, 2024. 260 с.

21. Ryan J., Estefan G., Rashid A. Soil and plant analysis laboratory manual. 2nd ed. Aleppo: ICARDA, 2001.

22. Mehlich A. Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1984. Vol. 15. P. 1409–1416. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103628409367568>.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Page K.L., Dang Y.P., Dalal R.C. (2020). The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 31. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031> [in English].

2. Derpsch R., Kassam A., Reicosky D., Friedrich T., Calegari A., Basch G., Gonzalez-Sanchez E., dos Santos D. (2024). Nature's Laws of Declining Soil Productivity and Conservation Agriculture. *Soil Security*, 14, 100127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100127> [in English].

3. Arp J.T., Sanyal D., Kaur J., Karki D., Bly A. (2026). Exploring the nexus between regenerative agriculture and soil health: a special emphasis on semi-arid and arid agriculture. *Frontiers in Agronomy*, 8, 1666008. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1666008> [in English].

4. Zhu Y., Li Z., Zhao D., Zhang B., Zhu B., Yao Z., Kiese R., Butterbach-Bahl K., Zhou M. (2025). Effects of Conservation Agriculture on Soil N₂O Emissions and Crop Yield in Global Cereal Cropping Systems. *Global Change Biology*, 31, e70048. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.70048> [in English].

5. Chetan F., Chetan C., Bogdan I., Pop A.I., Moraru P.I., Rusu T. (2021). The Effects of Management (Tillage, Fertilization, Plant Density) on Soybean Yield and Quality in a Three-Year Experiment under Transylvanian Plain Climate Conditions. *Land*, 10, 200 [in English].

6. Dudchenko V.V., Mechet A.O. (2026). Urozhainist sortiv soi zalezno vid zakhodiv osnovnoho obrobittu gruntu ta herbicidnoho zakhystu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Soybean yield depending on primary tillage practices and herbicide protection in the Northern Steppe of Ukraine]. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 147 (1), 173–182. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.22> [in Ukrainian].
7. Raza S., Atkinson B., Hossain I., Shin H.-C., Cooper H., Sturrock C., Riche A., Hawkesford M., Mooney S. (2026). Zero tillage impacts on soil physical properties but not on crop yield. *European Journal of Agronomy*, 177, 128104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2026.128104> [in English].
8. Bechmann M.E., Bøe F. (2021). Soil Tillage and Crop Growth Effects on Surface and Subsurface Runoff, Loss of Soil, Phosphorus and Nitrogen in a Cold Climate. *Land*, 10, 77. [in English].
9. Poggi S., Le Cointe R., Lehmhus J., Plantegenest M., Furlan L. (2021). Alternative Strategies for Controlling Wireworms in Field Crops: A Review. *Agriculture*, 11, 436. [in English].
10. Kuka A., Czyż K., Smoliński J., Cholewińska P., Wyrostek A. (2022). The Interactions between Some Free-Ranging Animals and Agriculture – A Review. *Agriculture*, 12, 628. [in English].
11. Telak L.J., Pereira P., Ferreira C.S.S., Filipovic V., Filipovic L., Bogunovic I. (2020). Short-Term Impact of Tillage on Soil and the Hydrological Response within a Fig (*Ficus Carica*) Orchard in Croatia. *Water*, 12, 3295. [in English].
12. Chețan F., Rusu T., Chetan C., Urda C., Rezi R., Simon A. (2022). Influence of soil tillage systems on the yield and weeds infestation in the soybean crop. *Land*, 11, 1708. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11101708> [in English].
13. Ankireddypalli J.K., Das S., Bhattacharyya R., Das R., Dey A., Biswas D.R., Das T.K., Prasanna R., Aditya K. (2026). Organic Carbon Stabilization and Carbon Cycling Enzymes Within Soil Aggregates Under Conservation Agricultural Practices in Sub-Tropical India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 26, 4327–4342. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-026-03149-0> [in English].
14. Chețan F., Rusu T., Chețan C., Șimon A., Vălean A.-M., Ceclan A.O., Bărdaș M., Tăraș A. (2023). Application of Unconventional Tillage Systems to Maize Cultivation and Measures for Rational Use of Agricultural Lands. *Land*, 12(11), 2046. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12112046> [in English].
15. Gozubuyuk Z., Sahin U., Celik A. (2020). Operational and yield performances and fuel-related CO₂ emissions under different tillage-sowing practices in a rainfed crop rotation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 4563–4576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02804-y> [in English].

16. Kravchenko V.S., Krykun S.P. (2025). Ecological evaluation of medium-maturing soybean cultivars under contrasting environmental conditions. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 2 (47), 86–92. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.11> [in Ukrainian with English abstract].

17. Lisciani S., Marconi S., Le Donne C., Camilli E., Aguzzi A., Gabrielli P., Gambelli L., Kunert K., Marais D., Vorster B.J., Alvarado-Ramos K., Reboul E., Cominelli E., Preite C., Sparvoli F., Losa A., Sala T., Botha A.M., Ferrari M. (2024). Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1385232. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1385232> [in English].

18. Yatsenko V., Poltoretskiy S., Yatsenko N., Poltoretska N., Mazur O. (2023). Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*, 26(7), 79–94. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.79> [in English].

19. Abd-Alla M.H., Hassan E.A., Khalaf D.M., Mohammed E.A., Bashandy S.R. (2026). Harnessing Silicon and Nanosilicon Formulations with Rhizobium/Bradyrhizobium for the Sustainable Enhancement of Biological Nitrogen Fixation in Legumes and Climate Change Mitigation. *International Journal of Molecular Sciences*, 27(4), 2031. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms27042031> [in English].

20. Dehodiuk S.E., Dehodiuk E.H., Litvinova O.A. (2024). Naukovi osnovy vidtvorennia rodiuchosti gruntiv i ekolohichna bezpeka u systemakh zemlerobstva Polissia ta Lisostepu Ukrainy [Scientific foundations of soil fertility restoration and environmental safety in farming systems of Polissia and the Forest-Steppe of Ukraine]. *Agrarna Nauka*. DOI: <https://doi.org/10.31073/978-966-540-614-3> [in Ukrainian].

21. Ryan J., Estefan G., Rashid A. (2001). Soil and plant analysis laboratory manual. 2nd ed. Aleppo: ICARDA. [in English].

22. Mehlich A. (1984). Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1409–1416. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103628409367568> [in English].

ANNOTATION

PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF SOIL UNDER SOYBEAN AND COMMON BEAN CROPS AS AFFECTED BY DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article presents the results of a comprehensive study investigating the effects of different tillage systems on the agrophysical and agrochemical properties of heavy loamy podzolized chernozem in soybean and vegetable bean agroecosystems under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were conducted during 2024–2026 using a split-plot design with four replications. Three tillage systems were evaluated: conventional tillage, reduced tillage (mini-till), and strip tillage (strip-till). The study included two soybean cultivars, ES Mentor and Pallada, and two vegetable bean cultivars, Berggold and Fruidor. Soil bulk density was assessed throughout the 0–60 cm soil profile, along with the concentrations of available macro- and micronutrients, depending on tillage practices and crop species.

The results revealed differentiated effects of the investigated tillage systems on the physical condition of the soil profile and the availability of mineral nutrients. Conventional tillage resulted in the lowest soil bulk density in the upper 0–20 cm layer, providing favorable conditions for root system development.

Under mini-till and particularly strip-till, localized increases in soil bulk density were observed at depths of 21–50 cm, indicating spatial heterogeneity in the agrophysical characteristics of the soil profile. At the same time, conservation tillage systems were associated with more favorable agrochemical properties. The highest concentrations of available nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and micronutrients, including Fe, Mn, and Cu, were recorded under strip-till. Nutrient accumulation was more pronounced in vegetable bean agroecosystems than in soybean agroecosystems, potentially reflecting differences in rhizosphere functioning and biological nutrient cycling. The findings demonstrate the existence of trade-offs between the agrophysical and agrochemical effects of different tillage systems. Conventional tillage provided more favorable physical conditions in the upper soil layer, whereas strip-till was characterized by greater availability of essential plant nutrients. These relationships substantiate the importance of selecting tillage systems according to soil conditions, crop-specific biological characteristics, and the need to preserve the natural resource potential of agroecosystems.

Keywords: tillage system, mini-till, strip-till, soil bulk density, macronutrients, micronutrients.

Table 2, Fig. 1, Ref. 22.

Інформація про авторів

Яценко В'ячеслав Васильович, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: slaviksklavin16@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>).

Яценко Наталія Василівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри овочівництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: ascience@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3752-314X>).

Яценко Анатолій Олексійович, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри рослинництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: anatolii.yatsenko@unu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2486-5534>).

Остапчук Василь Васильович, доктор філософії, викладач кафедри загального землеробства Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: vasyi.ostapchuk@unu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0522-533X>).

Горбенко Віталій Сергійович, здобувач освітньо-наукового ступеня доктор філософії кафедри рослинництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: viachyats@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2434-7094>).

Луценко Ігор Станіславович, здобувач освітньо-наукового ступеня доктор філософії кафедри рослинництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: viachyats@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1966-5091>).

Yatsenko Viacheslav, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Crop Production, Uman National University (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: slaviksklavin16@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>).

Yatsenko Nataliia, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Vegetable Growing, Uman National University (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: vorob2807@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3752-314X>).

Yatsenko Anatolii, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Crop Production, Uman National University (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: anatolii.yatsenko@unu.edu.ua; ORCID: 0009-0007-2486-5534).

Ostapchuk Vasyl, PhD, Lecturer at the Department of General Agriculture, Uman National University (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: vasil.ostapchuk@unu.edu.ua; ORCID: 0009-0003-0522-533X).

Horbenko Vitalii, PhD Student (Doctor of Philosophy Program), Department of Crop Production, Uman National University (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: viachyats@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2434-7094>).

Lutsenko Ihor, PhD Student (Doctor of Philosophy Program), Department of Crop Production, Uman National University of Horticulture (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: viachyats@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1966-5091>).

Надходження статті 16.09.26.

Прийнято 07.10.26.

Опубліковано 31.10.26.