

УДК 633.854.78 : 631. 51

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.19>

ВПЛИВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ДИНАМІКУ ГУМУСУ ТА МАКРОЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У СІВОЗМІНІ

Шевченко М.С. – д.с.-г.н., професор,

завідувач лабораторії землеробства та родючості ґрунтів,

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

Шевченко С.М. – д.с.-г.н., с.н.с.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Десятник Л.М. – к.с.-г.н., с.н.с.,

провідний науковий співробітник лабораторії землеробства та родючості ґрунтів,

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

Деревенець-Шевченко К.А. – к.б.н., с.н.с.,

провідний науковий співробітник лабораторії захисту рослин,

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

Новіков Д.І. – аспірант кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

В умовах інтенсифікації землеробства та зростаючого дефіциту органічних і мінеральних добрив особливої актуальності набуває проблема збереження родючості ґрунтів та оптимізації живлення рослин. Важливим фактором є вибір системи основного обробітку ґрунту, що визначає рівень гумусового балансу та доступність макроелементів у сівозміні. Метою дослідження було визначення впливу різних способів основного обробітку ґрунту (оранка, чизельне розпушення, дискування) на вміст гумусу та макроелементів живлення (азот, фосфор, калій) у чорноземі звичайному під культурами 5-пільної сівозміни. Методи включали довготривалі польові експерименти, відбір ґрунтових зразків на різних горизонтах (0–10, 10–20, 20–30 см) та лабораторний аналіз вмісту поживних речовин за стандартними агрохімічними методиками. Вивчалися варіанти з внесенням мінеральних добрив ($N_{45}P_{45}K_{45}$) та без них, що дозволило оцінити їх роль у підтриманні родючості ґрунтів. Результати досліджень показали, що систематичне застосування чизельного обробітку та дискування сприяє збереженню вмісту гумусу у верхньому шарі (0–10 см), проте викликає значну диференціацію агрохімічних показників у межах орного горизонту. На фоні оранки спостерігалось рівномірніше розподілення макроелементів у профілі ґрунту, що сприяло кращому забезпеченню рослин елементами живлення. При мінімізації обробітку відзначено зниження запасів рухомого азоту на 1,6–2,0 мг/кг, фосфору – на 7–15 мг/кг, калію – на 1–12 мг/кг порівняно з традиційною оранкою. Застосування мінеральних добрив забезпечувало компенсаторний ефект, зменшуючи негативний вплив мінімального обробітку. Динаміка вмісту гумусу протягом ротацій сівозміни підтвердила стійкість чорноземів до втрати родючості, хоча тривале зменшення механічного втручання може спричинити локальне виснаження запасів поживних речовин. Висновки свідчать, що для збереження родючості ґрунтів та стабільності агроєкосистем необхідно враховувати довгострокові наслідки застосування різних систем обробітку. Оптимальним підходом є раціональне поєднання механічного обробітку з внесенням добрив, що дозволяє підтримувати баланс гумусу і макроелементів у ґрунті та підвищувати ефективність сівозміни.

Ключові слова: сівозміна, макроелементи, гумусовий баланс, удобрення, механічний обробіток, агрохімічні властивості, чорнозем.

Shevchenko M.S., Shevchenko S.M., Desiatnyk L.M., Derevenets-Shevchenko K.A., Novikov D.I. The influence of main tillage on the dynamics of humus and macronutrients in crop rotation

In the context of agricultural intensification and the increasing deficit of organic and mineral fertilisers, the issue of soil fertility preservation and crop nutrition optimisation has become particularly relevant. A key factor influencing these processes is the choice of primary tillage system, which determines the humus balance and the availability of macroelements within the crop rotation system. The aim of this study was to assess the impact of different primary tillage methods (ploughing, chisel ploughing, and disc harrowing) on humus content and macroelement availability (nitrogen, phosphorus, and potassium) in ordinary chernozem under crops in a five-field crop rotation system. The methodology included long-term field experiments, soil sampling at different depths (0–10, 10–20, 20–30 cm), and laboratory analysis of nutrient content using standard agrochemical techniques. The study examined variants with and without mineral fertilisation ($N_{45}P_{45}K_{45}$), allowing an assessment of their role in maintaining soil fertility. The results demonstrated that systematic application of chisel ploughing and disc harrowing contributes to the preservation of humus content in the upper soil layer (0–10 cm); however, it also leads to significant differentiation of agrochemical parameters within the arable horizon. Ploughing ensured a more uniform distribution of macroelements throughout the soil profile, facilitating improved plant nutrition. Under reduced tillage conditions, a decline in mobile nitrogen reserves by 1.6–2.0 mg/kg, phosphorus by 7–15 mg/kg, and potassium by 1–12 mg/kg was observed compared to traditional ploughing. The use of mineral fertilisers had a compensatory effect, mitigating the negative impact of minimal tillage. The dynamics of humus content throughout crop rotation cycles confirmed the resilience of chernozem to fertility loss; however, prolonged reduction of mechanical intervention may lead to local depletion of nutrient reserves. The findings indicate that preserving soil fertility and ensuring agroecosystem stability requires consideration of the long-term consequences of various tillage systems. The optimal approach involves a balanced combination of mechanical tillage and fertiliser application, which maintains the humus and macroelement balance in the soil and enhances crop rotation efficiency.

Key words: crop rotation, macroelements, humus balance, fertilisation, mechanical tillage, agrochemical properties, chernozem.

Постановка проблеми. В умовах стрімкого зростання інтенсивності землеробства на основі максимальної експлуатації екоресурсів і потенціалу врожайності сільськогосподарських культур на систему добрив покладається дві найважливіші функції – підвищення продуктивності виробництва і збереження родючості ґрунтів. При цьому посилення використання потужної енергонасиченої техніки, засобів хімізації і високопродуктивних сортів все більше потребує організації системних заходів щодо захисту ґрунтів від техногенної депресії та втрати їх природності якості [6, 10, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні 100 років руйнування ґрунтів домінувало з різною силою залежно від стадії розвитку матеріальної бази землеробства і технологічних традицій кожного періоду. На початку ХХ століття це перехід до механізованого обробітку ґрунту, в другій половині – тотальна оранка і сучасний режим експлуатації чорноземів зі значним дефіцитом внесення добрив та високим відчуженням поживних речовин з урожаєм [1, 4, 5, 17].

Небезпечним для підтримання високої якості агрохімічного та агрофізичного стану ґрунтів залишається дефіцит балансу поживних речовин, який викликаний недостатніми обсягами внесення добрив. Проте, слід зауважити, що чорноземи мають ще достатній запас елементів живлення, який здатний підтримувати високий рівень урожайності сільськогосподарських культур. За такої дилеми – або подолати існуючий дефіцит балансу поживних речовин, або покладатися повністю на природний ресурс – важливо розробити фундаментальну модель колообігу ресурсів в різних агросистемах [2, 16].

Значна частина досліджень вказує на основі агротехнологічні важелі трансформації регулювання потенціалу родючості, але не враховує довгострокової динаміки агрохімічних показників, які мають накопичувальний характер протягом десятиліть. Стаціонарні польові досліді відкривають широкі можливості для формування теорії трансформації родючості ґрунтів, розробки технологічних моделей в сівозмінах, підтримки бездефіцитного балансу в агробіоценозах та прогнозування розвитку агрокосистем [8, 11, 14, 16, 17].

Постановка завдання. Методичне втілення мети досліджень процесів формування агрохімічного фону здійснювалося шляхом відбору ґрунтових зразків по шарах від 0 до 30 см для визначення рівня однорідності та диференційованості концентрації елементів живлення в ризосфері культур сівозміни. Для досягнення об'єктивної співставності показників вмісту зольних елементів в ґрунті зразки відбирали в другій половині травня – першій половині червня, коли рослини розпочинають період активного їх засвоювання. Важливо, що в цей час підтримується достатньо активний перехід поживних елементів в доступні рухомі форми для рослин.

Ґрунтові зразки для агрохімічних аналізів відбирали навесні на глибину 0–10, 10–20 і 20–30 см по всіх варіантах досліді в п'яти точках ділянки по діагоналі поля в першому і третьому повторенні. Рослинні зразки відбирали перед збиранням урожаю польових культур. Відбір і підготовку зразків до аналізу проводили відповідно до методики, розробленої Ю. К. Кудзіним [3, 7].

Ґрунтовий агрохімічний контроль в 5-пільній сівозміні було розпочато в 2009 році, коли була пройдена повна ротація сівозміни і всі культури (чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно) були засіяні в ротаційній схемі. Такий просторово-часовий методологічний підхід дозволив синхронізувати момент стартового відбору ґрунтових зразків для агрохімічного аналізу та коректно проводити порівняння результатів досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Агрохімічна історія експериментальної сівозміни розпочиналася із значного розкиду показників в межах впливу сільськогосподарських культур та прийомів основного обробітку ґрунту. Так, показники вмісту азоту в орному шарі коливалися в межах від 8,9 до 15,6 мг сухого ґрунту на кг його маси, рухомого фосфору від 127 до 168 мг/кг, обмінного калію від 99 до 156 мг/кг. При цьому слід зазначити, що наведена дисперсія показників вмісту N, P і K в ґрунті була характерною для умов, коли мінеральні добрива в сівозміні не вносилися (табл. 1).

На динаміку запасів поживних елементів в ґрунті впливали також сільськогосподарські культури шляхом різних обсягів їх виносу агроценозом, регулювання вологості ґрунту і рівня мобілізації або консервації основних елементів живлення. Найвищий рівень мобілізації елементів живлення спостерігався в умовах парового поля, де агрохімічні показники становили на фоні оранки: N – 14,6 мг/кг, P – 168 мг/кг і K – 156 мг/кг. Мінімальні показники вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію були зафіксовані на посівах пшениці озимої (N – 9,2 мг/кг, P – 138 мг/кг, K – 124 мг/кг) як наслідок високого виносу зольних елементів у фазі формування зерна цієї культури та в результаті зневоднення ґрунту і припинення мікробіологічних процесів.

Відновлення концентрації NPK в орному шарі до рівня, характерного для чорнозему дослідної ділянки без застосування мінеральних добрив, відбувалося в полі ячменю ярого і кукурудзи на зерно. В даному випадку спрацював механізм недостатньо високого виносу NPK урожаєм ячменю ярого.

Таблиця 1

Динаміка основних елементів живлення в сівозміні залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг, фон – без добрив (середнє за 2015–2017 рр.)

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	16,6	209	187	13,9	201	179	13,1	195	177
	10–20	14,2	151	149	11,5	155	147	10,7	157	145
	20–30	13,0	144	132	10,3	142	136	10,1	140	137
	0–30	14,6	168	156	11,9	166	154	11,3	164	153
Пшениця озима	0–10	10,8	165	152	9,6	167	134	11,2	172	139
	10–20	9,0	129	114	8,5	126	122	8,0	135	108
	20–30	7,8	120	106	7,7	118	110	7,5	119	98
	0–30	9,2	138	124	8,6	137	122	8,9	142	115
Соняшник	0–10	13,4	161	129	11,5	166	120	12,1	158	125
	10–20	12,2	128	106	9,9	125	96	9,2	124	88
	20–30	10,7	122	101	9,2	117	87	8,4	117	84
	0–30	12,1	137	112	10,2	136	101	9,9	133	99
Ячмінь ярий	0–10	17,6	140	185	15,4	149	168	14,9	136	166
	10–20	15,4	126	141	13,0	104	140	10,8	103	118
	20–30	13,8	115	130	12,4	98	127	11,5	97	103
	0–30	15,6	127	152	13,6	117	145	12,4	112	129
Кукурудза на зерно	0–10	16,5	171	175	14,8	162	167	15,8	148	152
	10–20	15,4	131	130	12,8	123	133	12,9	116	122
	20–30	13,7	118	124	12,0	114	126	12,1	111	119
	0–30	15,2	140	143	13,2	133	142	13,6	125	131

Аналогічна тенденція щодо впливу сільськогосподарських культур на розподіл рівня вмісту основних елементів живлення в сівозміні повторювалась також на фоні чизельного обробітку та мілкого дискування. Взагалі проблема залежності вмісту поживних речовин у ґрунті і формування урожаю як в прямому, так і в зворотному напрямку є дуже багатофакторною, тому методи моніторингового контролю агрохімічного стану ґрунтів дозволять розробити нову теоретичну базу цього питання.

В той же час спостерігався і інший вектор трансформації показників вмісту NPK, пов'язаний з інтенсивністю обробітку ґрунту.

Погіршення умов аерації орного шару після проведення чизельного і мілкого обробітку супроводжувалось зниженням показників вмісту основних елементів живлення в 0–30 см шарі чорнозему. В різному ступені явище погіршення живлення відмічалось у всіх полях сівозміни як наслідок зменшення механічного переміщення ґрунту. На прикладі кукурудзи на зерно досить чітко видно, що з переходом від оранки до чизельного розпушення і мілкого дискування вміст азоту в шарі 0–30 см знижувався на 1,6–2,0 мг/кг, фосфору на 7–15 мг/кг та калію на 1–12 мг/кг.

Достатньо важливим регулятором позиційного розподілу у вертикальному розрізі поживних речовин також виступає прийом обробітку ґрунту. Навіть за

відсутності внесення мінеральних добрив ґрунтозахисні безполицеві прийоми основного обробітку викликають більш помітну диференціацію орного шару за агрохімічними показниками. Порівняльний аналіз показав, що в шарі ґрунту 0–10 см на фоні оранки концентрація азоту становила 16,5 мг/кг, а вже при проведенні мілкого дискування в шарі 20–30 см вміст цього елементу знижувався до 12,1 мг/кг. За аналогічною порівняльною схемою вміст фосфору на мілкому обробітку знижувався на 60 мг/кг, а калію відповідно на 56 мг/кг. В межах мілкого дискування диференціація орного шару ґрунту за вмістом фосфору і калію проявлялася в тому, що з поглибленням обробітку вміст цих елементів знижувався на 33–39 %.

Систематичне застосування мінеральних добрив на початку освоєння сівозміни суттєво позначилося на агрохімічному фоні під посівами різних сільськогосподарських культур. Одночасно можна стверджувати, що принципів закономірності щодо реакції динаміки показників вмісту поживних елементів залежно від сівозміни і прийомів основного обробітку мали аналогічні характеристики з варіантом без добрив. Тобто мінімізація обробітку ґрунту супроводжувалась зниженням вмісту азоту, фосфору і калію в орному шарі, а також посилювалася диференціація його на агрогоризонти з різною концентрацією елементів живлення.

Агрохімічна панорама на фоні внесення під культуру сівозміни $N_{45}P_{45}K_{45}$ вміщувалась між максимальними і мінімальними показниками вмісту азоту в межах 11,5–27,7 мг/кг (табл. 2), що перевищувало неудобрені ділянки на 3,1–11,1 мг/кг.

На типовому прикладі соняшнику внесення мінеральних добрив забезпечило зростання вмісту в 0–30 см шарі ґрунту на фоні оранки порівняно з природними запасами елементів живлення: N на 8,6 мг/кг, P на 27 мг/кг і K на 26 мг/кг. При цьому внаслідок того, що вміст рухомих форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, внесення мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{45}K_{45}$ більш радикально впливало на зростання азоту – на 31,5 %.

Поряд із зниженням загальних показників вмісту основних елементів живлення на фоні безполицевих прийомів обробітку внаслідок погіршення аерації і мікробіологічної діяльності тут спостерігалось поглиблення диференціації орного шару за агрохімічними ознаками. Так, на прикладі пшениці озимої видно, що при проведенні оранки вміст азоту в шарі 20–30 см порівняно з верхнім шаром 0–10 см знижувався на 22,5 %, а на фоні мілкого дискового обробітку ця різниця зростала до 40,3 %.

Поряд з тим, що застосування мінеральних добрив в сівозміні сприяє в цілому підвищенню забезпеченості всіх сільськогосподарських культур елементами живлення, в процесі систематичного поповнення запасів зольних елементів у ґрунті відбувається вирівнювання агрохімічних показників в різних полях сівозміни.

Підтвердженням цього наукового положення є показники вмісту у 0–30 см шарі ґрунту азоту, які знаходяться у вузькому коридорі 20,7–23,2 мг/кг з дисперсією до 10 %, в той же час як на фоні без внесення добрив розбіжність між показниками досягала 44 %. В даній ситуації можна говорити про те, що застосування мінеральних добрив при послідовному чергуванні культур в сівозміні виступає фактором стабілізації агрохімічних складових і родючості ґрунтів.

Базові агрохімічні показники продовжували трансформуватись в контрольованих агротехнологічних умовах в наступних трьох ротаціях 5-пільної сівозміни.

Трансформація вмісту основних елементів в ґрунті під впливом сівозміни, обробітку ґрунту і часу (тривалості застосування заходів) має декілька векторів їх спрямування: перший, збільшення агрохімічних показників при тимчасовому

застосуванні мінеральних добрив; другий, продовження зростання вмісту азоту, фосфору і калію при систематичному внесенні добрив; третій, падіння рівня агрохімічного забезпечення у випадку систематичної відмови від внесення мінеральних елементів живлення (табл. 3).

Таблиця 2

Динаміка основних елементів живлення в сівозміні залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг, (середнє за 2015–2017 рр.), фон – N45P45K45

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	27,7	215	219	26,5	203	208	26,0	194	203
	10–20	21,8	160	166	20,0	146	151	18,8	140	147
	20–30	20,1	138	143	18,0	131	136	17,9	125	130
	0–30	23,2	171	176	21,5	160	165	20,9	153	160
Пшениця озима	0–10	27,1	207	200	24,9	183	187	23,8	178	188
	10–20	20,9	149	151	18,6	136	139	18,0	128	135
	20–30	20,4	124	138	17,7	122	124	17,0	120	124
	0–30	22,8	160	163	20,4	147	150	19,6	142	149
Соняшник	0–10	24,5	198	167	24,4	191	173	24,6	196	165
	10–20	19,2	155	125	18,2	141	123	18,3	148	118
	20–30	18,4	139	122	17,7	133	112	17,4	136	110
	0–30	20,7	164	138	20,1	155	136	20,1	160	131
Ячмінь ярий	0–10	27,2	192	170	23,4	172	181	22,8	153	165
	10–20	19,0	150	138	17,8	129	131	16,9	114	123
	20–30	18,6	132	119	17,0	119	120	16,1	108	108
	0–30	21,6	158	142	19,4	140	144	18,6	125	132
Кукурудза на зерно	0–10	26,4	195	185	25,1	164	187	29,3	183	178
	10–20	19,6	149	148	18,7	116	134	18,3	120	128
	20–30	18,8	139	132	18,0	110	120	11,5	111	117
	0–30	21,6	161	155	20,6	130	147	19,7	138	141

На прикладі динаміки вмісту азоту в 0–30 см шарі ґрунту в полі соняшнику прослідковується історична траєкторія корекції цього елементу в системі агрозаходів. Якщо на початку освоєння сівозміни запаси доступного азоту становили 12,1 мг/кг, то через 15 років експлуатації землі без застосування мінеральних добрив він знижувався до 10,8 мг/кг. Одночасно регулярне внесення під культури сівозміни N₄₅P₄₅K₄₅ протягом 15 років сприяло зростанню вмісту азоту з 20,7 до 22,4 мг/кг. Розподіл рухомого фосфору в 0–30 см шарі ґрунту характеризувався аналогічними тенденціями з азотом. За відсутності удобрення вміст фосфору знижувався з 127 до 113 мг/кг та зростав з 164 до 174 мг/кг на фоні регулярного внесення N₄₅P₄₅K₄₅ (табл. 4).

Ефективність мінеральних добрив залежить не тільки від вмісту поживних елементів у ґрунті, але і від того, наскільки вони суміщаються з активними зонами кореневої системи рослин. У цьому випадку важливого значення набувають

прийоми основного обробітку ґрунту, які регулюють позиційне розміщення в орному шарі як добрив, так і кореневої маси рослин.

Таблиця 3

Динаміка основних елементів живлення в сівозміні залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг (середнє за 2019–2021 р.) фон – без добрив

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	15,6	200	176	11,9	188	165	11,1	182	164
	10–20	13,2	140	135	9,5	138	130	7,7	139	129
	20–30	11,0	127	114	8,3	123	115	6,1	118	115
	0–30	13,3	156	142	9,9	150	137	8,3	146	136
Пшениця озима	0–10	9,8	154	140	6,6	153	122	8,2	157	123
	10–20	7,0	114	97	6,5	108	104	5,0	117	89
	20–30	5,8	101	86	4,4	97	90	2,5	96	74
	0–30	7,5	123	108	5,9	119	105	5,2	123	95
Соняшник	0–10	12,4	149	115	10,6	151	106	10,1	142	110
	10–20	11,2	112	89	7,9	109	80	5,2	105	69
	20–30	8,7	104	80	6,2	96	65	4,4	94	61
	0–30	10,8	122	95	8,2	119	84	6,6	114	80
Ячмінь ярий	0–10	15,6	130	172	13,4	134	158	11,9	121	149
	10–20	14,4	113	125	11,0	85	125	7,8	84	99
	20–30	11,8	98	112	9,4	76	108	7,5	75	79
	0–30	13,9	114	136	11,3	98	130	9,1	93	109
Кукурудза на зерно	0–10	14,5	130	161	12,8	148	151	14,8	131	136
	10–20	13,4	116	115	11,8	105	117	10,9	99	103
	20–30	11,7	99	105	9,0	93	108	9,1	89	97
	0–30	13,2	115	127	11,2	115	125	11,6	106	112

Як видно, при впровадженні ґрунтозахисних прийомів обробітку без обертання скиби та мілкого розпушування проявлялися процеси поглиблення диференціації ріллі за вмістом поживних речовин.

Переконливим прикладом у цьому контексті є порівняння вмісту NPK на фоні оранки і мілкого дискування при регулярному внесенні мінеральних добрив протягом 15 років. Якщо оранка забезпечувала вертикальний розподіл поживних речовин, при якому вміст рухомого фосфору в 0–10 см шарі ґрунту на посівах кукурудзи становив 206 мг/кг, то в нижній частині ріллі 20–30 см – 148 мг/кг. За мілкого дискового обробітку у верхньому шарі концентрація фосфору була меншою на 11 мг/кг, а у нижньому – на 30 мг/кг.

Показовим прикладом впливу оранки на більш глибоке проникнення добрив в ґрунт є динаміка вмісту фосфору в шарі 20–30 см залежно від прийому обробітку в посівах кукурудзи. Так, за систематичного внесення добрив на фоні оранки порівняно з неудобреними варіантами в шарі ґрунту 20–30 см зростав на 59 мг/кг, а при мілкому обробітку – лише на 3 мг/кг. Тобто, глибока оранка більш активно включала в колообіг поживні елементи ґрунту.

Таблиця 4

Динаміка основних елементів живлення в сівозміні залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг (середнє за 2019–2021 рр.) фон – $N_{45}P_{45}K_{45}$

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	29,7	227	226	29,5	215	222	29,0	206	216
	10–20	23,8	170	173	22,0	154	161	20,8	150	155
	20–30	21,1	146	148	19,0	139	141	18,9	131	137
	0–30	24,9	181	182	23,5	169	175	22,9	162	169
Пшениця озима	0–10	29,1	218	213	26,9	196	199	25,8	189	201
	10–20	21,9	158	161	19,6	145	148	19,0	137	142
	20–30	21,4	132	146	18,7	128	128	18,0	126	130
	0–30	24,1	169	173	21,7	156	158	20,9	150	158
Соняшник	0–10	26,5	208	179	27,4	203	184	27,6	210	179
	10–20	21,2	165	134	19,2	148	132	20,3	158	128
	20–30	19,4	148	129	17,7	141	118	17,4	144	116
	0–30	22,4	174	147	21,4	164	145	21,8	171	141
Ячмінь ярий	0–10	29,2	204	182	25,4	184	193	24,8	164	177
	10–20	20,0	160	146	19,8	138	141	18,9	123	132
	20–30	19,6	140	126	18,0	126	126	17,1	115	113
	0–30	22,9	168	151	21,1	149	153	20,3	134	141
Кукурудза на зерно	0–10	29,4	206	198	28,1	175	199	32,3	195	190
	10–20	21,6	159	157	20,7	125	144	20,3	130	136
	20–30	19,8	148	138	19,0	117	126	116	118	124
	0–30	23,6	171	164	22,6	139	156	56,2	148	150

Тривала експлуатація чорноземів на основі різних агротехнологічних принципів супроводжується відповідною динамікою трансформації показників родючості ґрунтів. Не дивлячись на значну кількість показників родючості ґрунтів найбільш асоційованим її вираженням є ростова реакція сільськогосподарських культур на якісне наповнення ґрунтового середовища факторами життєзабезпечення [1, 9, 13, 15].

Рівень гумусованості чорнозему, з одного боку, відноситься до консервативного фактору, а, з іншого, він здатний змінюватись під впливом агротехнологічних заходів. Як встановлено нами, природна буферність гумусових сполук дозволяла утримувати показники вмісту гумусу в орному шарі достатньо у вузькому діапазоні 4,21–4,39 %, не дивлячись на радикальний вплив добрив і обробітку ґрунту протягом 10 років контролювання режиму родючості (табл. 5).

Проте, в розрізі окремих шарів інтенсивність обробітку ґрунту і застосування добрив, процеси трансформації показників вмісту гумусу проявляються більш активно, що свідчить про значну регулятивну роль агроприймів. Максимуму різниці вмісту гумусу досягала на фоні No-till технології при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ між шарами ґрунту 0–10 см – 4,7 % і 20–30 см, де вміст гумусу знижувався до 4,05 %, або на 0,65 %.

Таблиця 5

Вплив обробітку ґрунту і добрив на вміст гумусу у сівозміні, %

Добрива	Обробіток ґрунту	Шари ґрунту, см			
		0–10	10–20	20–30	0–30
середнє за 2009–2011 рр. дані Горобця А.Г., Цилюрика О.І.					
Без добрив	Оранка	4,43	4,22	3,98	4,21
	Мілкий	4,42	4,24	4,05	4,24
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Оранка	4,62	4,18	3,93	4,24
	Мілкий	4,62	4,25	4,00	4,29
середнє за 2019–2021 рр.					
Без добрив	Оранка	4,45	4,22	4,05	4,26
	No-till	4,51	4,34	4,08	4,31
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Оранка	4,66	4,33	4,06	4,35
	No-till	4,70	4,42	4,05	4,39
НІР ₀₅ , т/га: обробіток ґрунту – 0,07–0,10; добрива – 0,08–0,09					

Регулярне застосування біорешток попередніх культур в сівозміні виявилось одним з найважливіших факторів стабілізації гумусового балансу в ґрунті. Введення у колообіг рослинних решток до 14–16 т/га за ротацію сівозміни сприяло зростанню вмісту гумусу як на фоні внесення, так і без застосування добрив на 0,5–0,7 %, а також інтенсивному та мінімальному обробітку ґрунту на 0,3–0,5 %.

Висновки та пропозиції. Таким чином, в 5-пільній сівозміні з вивчення тривалого впливу мінеральних добрив, прийомів основного обробітку ґрунту на вміст основних елементів в чорноземі звичайному засвідчило, що агрохімічні показники знаходились під комплексним впливом організаційних і технологічних прийомів.

Систематичне внесення мінеральних добрив N₄₅P₄₅K₄₅ під основні культури сівозміни супроводжувалось зростанням вмісту азоту, фосфору і калію на всіх фонах основного обробітку ґрунту в кожному з полів зерно-паро-просапної сівозміни.

Вирощування сільськогосподарських культур в сівозміні без компенсації вносу поживних речовин урожаєм приводить до зниження вмісту основних елементів живлення в ґрунті на 9–30 %.

Збільшення тривалості незмінного використання безполицевих прийомів обробітку ґрунту викликає посилення диференціації орного шару за агрохімічними параметрами з підвищенням концентрації у верхньому шарі ріллі.

При значній мінливості показників вмісту азоту, фосфору і калію в ґрунті під впливом комплексу агротехнологічних заходів чорнозем звичайний відрізнявся достатньо стійкою буферністю і здатністю підтримувати високий рівень урожайності культур в сівозміні.

Орний шар ґрунту чорнозему за умов акумуляції біорешток продуктованих сільськогосподарськими культурами забезпечує стійку тенденцію до зростання вмісту гумусу при широкому спектрі агротехнологічних модифікацій.

Розподіл надземних біорешток та відмерлої кореневої системи рослин в орному шарі ґрунту відбувався таким чином, що зростання показників вмісту гумусу спостерігалось по всьому профілю ріллі. Найбільш активно процеси гуміфікації проходили у верхньому 0–10 см шарі, де вміст гумусу зростав до 4,45–4,70 %. В менш активному 0–30 см шарі за період досліджень гумус також зростав до 4,05–4,08 % як на фоні оранки, так і No-till.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Балюк С.А., Мірошніченко М.М., Медведєв В.В. Наукові засади управління ґрунтовими ресурсами України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2018. № 11 (788). С. 5–12.
2. Гадзало Я. М., Ібатуллін І. І., Лузан Ю. Я. Інституціональне забезпечення функціонування продовольчої системи України в сучасних кризових умовах. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2022. № 8. С. 5–15.
3. Гордієнко В. П., Геркіял О. М., Опришко В. П. Землеробство. К. : Вища школа, 1991. 268 с.
4. Камінський В. Ф., Сокирко П. Г. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від впливу різних систем обробітку ґрунту. Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щомісячник). Київ, 2010. № 1. С. 93–95.
5. Крамарьов С. М., Бандура Л. П., Артеменко С. Ф., Крамарьов О. С., Писаренко П. В. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему звичайного за умови довготривалого землекористування та економічне стимулювання їхнього відновлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. № 2. С. 94–106.
6. Лебідь Є. М. Науковий фундамент проблем степового землеробства. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2006. № 3–4. С. 23–25.
7. Мазур В. А., Липовий В. Г., Мордванюк М. О. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Вінниця : ВЦ ТОВ «ТВОРИ», 2020. 204 с.
8. Медведєв В. В. Оптимізація ґрунтово-агрохімічних факторів. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2001. № 2. С. 9–12.
9. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. К. : ВД «ЕМКО», 2007. 44 с.
10. Шевченко М. С., Шевченко С. М. Агротехнології як бар'єр проти посухи. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2013. № 9 (174) С. 51–53.
11. Busari M. A., Kukal S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. 3 (2), 119–129.
12. Kaminskyi V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolomiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Kiernicki, Z. Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23. № 12. P. 163–178.
13. Kassam A., Friedrich T., Derpsch, R. Global spread of conservation agriculture. *International Journal of Environmental Studies*. 2019. 76(1), 29–51. doi: 10.1080/00207233.2018.
14. Munkholm L. J., Schonning P., Rasmussen K. J., Tandrup K. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seeding environment. *Soil Till.* 2003. Res. 71, P.163–173.
15. Qi J.Y., Yao X. B., Zhang X. C., Fan M. Y., Xue J.-F., Cao J. L., Virk A. L., Pan S.-G., Tang X.-R. Effects of tillage practices on soil organic carbon, microbial community and necromass in a double rice cropping system. *Applied Soil Ecology*. 2024. 194, 105190.
16. Rzaliyev A., Goloborodko V., Bekmuhametov S., Ospanbayev Z., Sembayeva, A. Influence of tillage methods on food security and its agrophysical and water-physical properties. *Food Science and Technology*. 2023. 43, e76221
17. Shevchenko S., Derevenets-Shevchenko K., Desyatnyk L., Shevchenko M., Sologub I., Shevchenko O. Tillage effects on soil physical properties and maize phenology. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1. 393–402. doi: 10.1080/00207233.2024.2320032.