



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.48 (477.75)

© 2024

ЕНЕРГЕТИКА ГУМУСУ ТА ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ ЧОРНОЗЕМУ В АГРОЦЕНОЗІ: СИНЕРГЕТИЧНИЙ АСПЕКТ

О.В. Демиденко

доктор сільськогосподарських наук

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

вул. Докучаєва, 13, с. Холодниське Смілянського р-ну Черкаської обл., 20731, Україна

e-mail: smilachiapv@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5334-1154

Надійшла 14.03.2024

Мета. Кількісно оцінити акумульовану гумусом внутрішню енергію та визначити її співвідношення з внутрішнім енергетичним потенціалом діапазону активної вологи за різного рівня гідрофілізації ґрунтових умов та рівня прояву саморегуляції родючості залежно від різних способів обробітку чорнозему в агроценозах Центрального Лісостепу України. **Методи.** Польовий, агрохімічний (відбір зразків і визначення загального гумусу), статистично-розрахунковий (обґрунтування достовірності отриманих результатів і розроблення статистичних моделей взаємозв'язків), агроекономічний і енергетичний (визначення економічних та енергетичних показників різноротаційних сівозмін). **Результати.** Дослідження проводили на Драбівському дослідному полі в стаціонарному досліді, закладеному в 1967 р., який налічує 29 різноротаційних сівозмін. Детермінувальним чинником у відтворенні ґрунтотворення чорноземів в агроценозах є забезпечення системою обробітку режиму зволоження, коли досягається оптимальний рівень внутрішньої енергії вологозабезпечення в ґрунтовій товщі, наближеній до запасу енергії при вологості розриву капілярних зв'язків (ВРК), а реалізація потенціалу внутрішньої енергії гумусу можлива лише у виваженому співвідношенні з внутрішньою енергією вологозабезпечення. За розширення співвідношення внутрішньої енергії вологозабезпечення до внутрішньої енергії гумусу відбувається реалізація енергії гумусу, що впливає на підвищення природної та потенційної родючості. Звуження співвідношення енергії вологозабезпечення та енергії гумусу сприяє посиленню мінералізації за наростання аридності ґрунтових умов, що послаблює та знижує продуктивність агроценозу Лісостепу. **Висновки.** Незалежно від способу обробітку за надмірного зволоження забезпечення вологою агроценозу є високим, а за оптимального

і недостатнього зволоження за безполицевих обробітків створюються умови оптимального забезпечення вологою товщі чорнозему. Ґрунтова волога має значення, близькі до значень ВРК, що забезпечує зниження її рухомості, і вологонасичення є найбільш оптимальним для посилення процесів гуміфікації органічних решток і прояву процесів відтворення природного ґрунотворення в агроценозах за рахунок моделювання непромивного режиму зволоження в агроценозах. Процес гумусотворення в агроценозах відновлюється тоді, коли за проведення ґрунтозахисного мінімального обробітку моделюється режим зволоження, який відповідає природним умовам ґрунотворення чорноземів.

Ключові слова: вологозабезпечення, ґрунотворення, оранка, ґрунтозахисний обробіток, чорнозем, Лівобережний Лісостеп.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-01>

Деградація чорноземів є однією з найбільших проблем агроґрунтознавства та землеробства, що створює загрозу агроекологічній, економічній і національній безпеці України. Процеси деградації та аридизації чорноземів лісостепової зони наближаються до критичного стану. Тому проблему трансформації властивостей та режимів чорноземів не можна вважати вивченою в аспекті повнопрофільного комплексного дослідження чорноземів [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний агроекологічний стан чорноземів Лісостепу та спрямованість процесів ґрунотворення визначаються не лише факторами агроценозу, а й природно-кліматичними змінами [3]. Консервативність профілю чорнозему і домінанта в ньому гумусного горизонту маскують зміни, які відбуваються в результаті його використання, оскільки морфологічно зміна діагностується збільшенням щільності будови, втратою зернистої структури та певними морфологічними ознаками, але межі самих генетичних горизонтів залишаються сталими [В.В. Медведєв та ін., 2014; В.Ф. Вальков, 2004].

Негативні зміни водно-фізичних властивостей у профілі чорнозему закономірно призводять до недобору атмосферних опадів у зв'язку з обмеженим поглинанням вологи в зимово-весняний і вегетаційний періоди. Відбувається формування змінного характеру зволоження чорноземів упродовж вегетації культур: періоди перезволоження навесні чергуються з періодами повного

висушування в літній період. Чорноземи стають залежними від погодно-кліматичних умов і чутливими до деградаційних явищ, пов'язаних з активною дегуміфікацією всього ґрунтового профілю чорноземів [4, 5], [А.Л. Іванов та ін., 2013].

У природних ценозах чорноземи Лісостепу — це оптимально зволожені ґрунти непромивного або періодично промивного режимів, які не мають недоліків ґрунтів промивного і непромивного режимів зволоження [В.В. Пономарьова та ін., 1980]. Серед ґрунтів непромивного типу водного режиму чорнозем — найбільш оптимально зволожений [Т.Л. Бистрицька та ін., 1988], тобто гумусний профіль чорнозему в природних умовах є продуктом степової і лучно-степової рослинності, пристосованої до найкращого використання середовища в особливих гідротермічних умовах [Н.А. Караваєва та ін., 1998].

Одним із ключових завдань є пошук шляхів оптимізації режиму зволоження чорнозему в агроценозі з використанням ґрунтозахисних і вологоощадних агротехнологічних заходів, які знижують продуктивні втрати ґрунтової вологи і сприяють її накопиченню та збереженню за рахунок опадів осінньо-зимового та весняного періодів під час вегетації сільськогосподарських культур [6–10], [Ю.В. Бехових, 2020].

Енергетичний підхід при вивченні природних процесів, зокрема ґрунотворення, набуває останнім часом досить значного поширення, а енергетична характеристика гумусу визначає майже всі агрономічно

цінні властивості чорноземів [11–14]. Такий підхід до кількісної оцінки акумульованої гумусом чорнозему внутрішньої енергії дає змогу визначити енергетичну цінність гумусу, темпи акумуляції енергії в ньому і прогнозувати процеси кількісного та якісного відтворення чорнозему в агроценозах за різних агрогенних впливів. Важливою складовою енергетичного стану ґрунтового профілю чорнозему є внутрішня енергія вологонасичення, що в комплексі з внутрішньою енергією гумусу дає можливість оцінити реалізацію потенційної родючості через ефективну форму родючості чорнозему в агроценозі [15, 16].

Ґрунтотворення — це процес постійної трансформації енергії і речовини в природних ценозах і агроценозах, яка проявляється у формуванні головної якісної характеристики чорнозему — природної родючості. У науковій літературі є публікації з енергетичної оцінки ґрунтової родючості, які носять суто теоретичний характер, поглиблених досліджень щодо оцінки родючості на енергетичній основі проведено недостатньо [11, 13].

Мета досліджень — кількісно оцінити акумульовану гумусом внутрішню енергію та визначити її співвідношення з внутрішнім енергетичним потенціалом діапазону активної вологи за різного рівня гідрофілізації ґрунтових умов і рівня прояву саморегуляції родючості залежно від різних способів обробітку чорнозему в агроценозах Центрального Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. Довгостроковий вплив безполицевого обробітку на відновлення родючості чорноземів типових в агроценозах Лісостепової Лівобережної фізико-географічної провінції України вивчали у Ворскло-Сульському та Середньодніпровсько-Сеймському округах [17–18]. У 1990–1996 рр. дослідження проводили в південній частині Ворскло-Сульського округу. Ґрунтовий покрив у межах південної частини Полтавської області представлено чорноземами типовими (>50%) середньогумусними (5,55–5,65%). За вмістом фізичної глини (ФГ) і фізичного піску (ФП) чорнозем може належати до легкої глини: ФГ = 62,9–64%, ФП = 35–37,1%. Такі технологічні показники за гранулометричним станом характерні для чорноземів типових

південно-східної частини Полтавської і майже всієї території Харківської областей [19, 20].

У 2010–2020 рр. дослідження проводили в Середньодніпровсько-Сеймському агроґрунтовому окрузі, який охоплює землі Київської, Полтавської, Сумської, Чернігівської та Черкаської областей. Дослід закладено в Дравівському агроґрунтовому районі лісостепової зони Лівобережної низинної провінції, північної підпровінції на чорноземах типових малогумусних легкосуглинкових мулувато-пилуватих. Показник структурності (ПС) — 25–38%. Співвідношення ФП до ФГ: 1,76–2,52, що в 3,2 раза вище, ніж у чорноземах типових середньогумусних легкоглинистих. Фактор потенційної агрегованості (ФПА) — 0,25–0,27, що в 2,78–2,96 раза нижче, ніж у чорноземах типових середньогумусних легкоглинистих.

Дослідження проводили у 1990–1996 рр. у багатофакторному стаціонарному досліді кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів Національного університету біоресурсів і природокористування України в ланці (буряк цукровий — горох — пшениця озима — кукурудза на зерно — кукурудза на силос) 10-пільної зерно-бурякової сівозміни для південної частини Лівобережного Лісостепу (зернові — до 40%, технічні — до 30, зернобобові — до 10, кормові — до 20%), де вивчали 3 способи обробітку ґрунту: оранку різноглибинну (22–32 см), безполицевий різноглибинний (22–32 см), мілкий безполицевий (10–12 см). У сівозміні вносили 15 т/га гною + $N_{85}P_{75}K_{65}$ (середня доза).

Дослідження продовжили в 2010–2020 рр. у багатофакторному стаціонарному досліді Черкаської державної дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». У досліді вивчали 2 типи 5-пільних сівозмін: багаторічні трави — пшениця озима — буряк цукровий — кукурудза — ячмінь + багаторічні трави (зернові — до 60%, технічні — до 20, багаторічні трави — до 20%). Способи основного обробітку під усі культури: різноглибинна оранка (22–25 см); безполицевий обробіток (22–25 см); поверхневий обробіток (8–12 см). У сівозміні вносили 6–7 т/га побічної продукції + $N_{82}P_{65}K_{65}$.

Водно-фізичні показники і режим зволоження із шарів ґрунтової товщі визначали

поділянково через 10 см за схемами дослідів. Аналізи зразків ґрунту, обліки та розрахунки здійснювали відповідно до спеціальних методик: вологість — термогравіметричним методом за основними періодами росту культур; щільність складення (будови) — методом різальних кілець у модифікації Н.А. Качинського в періоди інтенсивного росту; запаси вологи — розрахунково до глибини 150–180 см; структурно-агрегатний склад — ситовим методом у модифікації Н.І. Савінова (ДСТУ 4744:2007) та методом І.М. Бакшеєва; запаси вологи — розрахунково до глибини 150–180 см. Уміст загального гумусу — за І.В. Тюрніним у модифікації М.В. Сімакова (ДСТУ 4289:2004).

Для розрахунку внутрішньої енергії загального гумусу та діапазону активної вологи чорноземів використано методику [15, 16].

Запас внутрішньої енергії загального гумусу в чорноземах розраховано за формулою:

$$P_{e.r.} = S \times H \times D \times C_r \times 5,5 \text{ ккал/г}, \quad (1)$$

де $P_{e.r.}$ — внутрішня енергія загального гумусу в товщі 0–180 см на 1 м², ккал; S — площа, см²; H — потужність ґрунтової товщі, см; D — щільність будови, г/см³; C_r — уміст загального гумусу, %; 5,5 — енергія гумусу, ккал/г [15].

Запас внутрішньої енергії ґрунтової вологи в чорноземах обчислювали за формулою:

$$P_{e.r.} = S \times H \times D \times C_b \times 55,55 \text{ ккал/г}, \quad (2)$$

де $P_{e.r.}$ — внутрішня енергія доступної вологи в товщі 0–180 см на 1 м², ккал; S — площа, см²; H — потужність ґрунтової товщі, см; D — щільність будови, г/см³; C_b — частка продуктивної вологи, %; 55,55 — енергія H₂O, ккал/г [15].

Узагальнення показників режиму зволоження та вмісту загального гумусу чорнозему і розрахунки результатів досліджень здійснювали за «Методом дисперсійного аналізу» з використанням програми «STATISTICA» і застосуванням непараметричних методів статистики та кореляційного аналізу.

Результати досліджень. Енергія гумусу становить 5,5 ккал/г, енергія води — 55,5 ккал/г, що в 10 разів вище [15], тобто

вологонасичення в збільшенні внутрішньої енергії чорнозему є більш дієвим фактором, ніж уміст гумусу. Співвідношення внутрішньої енергії вологи до внутрішньої енергії гумусу характеризує ефективність енерговіддачі гумусу при реалізації потенційної родючості через її ефективну форму: чим співвідношення ширше, тим вища енерговіддача гумусу, а при звуженні, навпаки, енергозабезпечення відтворення гумусу знижується.

Незалежно від умов зволоження внутрішня енергія гумусу за різних систем обробітку в генетичних горизонтах чорнозему (0–40 см, 0–70, 70–200 і 0–200 см) була близькою. За довгострокового виконання різних систем обробітку внутрішня енергія ґрунтової вологи була різною. За посушливих умов у гумусному горизонті (0–40 см) за безполицевих обробіток внутрішня енергія була вищою на 117·10⁴ ккал/м², у товщі 0–70 см — на 185·10⁴, у товщі 70–200 см — на 153·10⁴, а відповідно до шарів ґрунтової товщі була вищою на 104 ккал/м²; 252; 360 та 607 ккал/м². При цьому енергія ґрунтової вологи була вищою за енергію гумусу в 25; 27; 130 та 55 разів (за оранки); 28; 32; 150 та 68 разів — за безполицевого обробітку; у 32; 35; 160 та 73 рази — за мілкого безполицевого обробітку. В умовах оптимального зволоження внутрішня енергія вологозабезпечення за оранки зростає в 1,35; 1,33; 1,11 та 1,25 рази відповідно до шарів чорнозему 0–40 см, 0–70, 70–200 і 0–200 см. За безполицевого обробітку вона підвищилася в 1,19; 1,17; 1,20 та 1,18 рази, за мілкого безполицевого обробітку — у 1,04; 1,13; 1,33 та 1,17 рази (таблиця).

При цьому внутрішня енергія ґрунтової вологи збільшилася за оранки в 33; 36; 130 та 67 разів порівняно з енергією гумусу; за безполицевого обробітку — у 32; 36; 170 та 78 разів, за мілкого безполицевого обробітку — у 36; 38; 190 та 84 рази відповідно до шарів ґрунту 0–40 см, 0–70, 70–200 та 0–200 см.

Аналогічне підвищення внутрішньої енергії спостерігалось в оптимальних умовах зволоження, а енергетика вологи перевищувала енергетику гумусу в 41–43 рази (0–40 см), 44–47 (0–70 см). У товщі 70–120 см за

оранки — у 170 разів, за безполицевих обробітків — 190, у товщі 0–20 см — 79 разів за оранки, у 92–93 рази — за безполицевих обробітків. Слід наголосити, що загальна внутрішня енергія гумусу та вологи на 80–99% визначається внутрішньою енергією ґрунтової вологи, що свідчить про головну роль вологи в реалізації запасу енергії в гумусі. Аридизація в ґрунтовому профілі призводить до зниження рівня внутрішньої енергії гумусу у формуванні категорій родючості чорнозему та її реалізацію через ефективну форму.

За посушливих умов від оранки до мілкого безполицевого обробітку загальна внутрішня енергія збільшується: в товщі 0–40 см у 1,10–1,27 раза, у гумусному горизонті (0–70 см) — 1,14–1,24, товщі 70–200 см — 1,15–1,28 раза, у товщі 0–200 см — у 1,21–1,33 раза. За оптимальних умов зволоження загальний внутрішній запас енергії за безполицевих обробітків порівняно з її запасом за оранки був вищим у 1,24–1,42 раза в гумусному горизонті (0–40 см). Запас

загальної внутрішньої енергії в гумусному горизонті 0–70 см за безполицевих обробітків був вищим у 1,27–1,36 раза, товщі 70–200 см — 1,21–1,35, у товщі 0–200 см — у 1,27–1,38 раза.

В оптимальних умовах зволоження закономірно збільшувався запас внутрішньої загальної енергії незалежно від способу обробітку чорнозему в агроценозі: у 1,06–1,23 раза в межах генетичних горизонтів та в 1,11–1,17 раза — усієї ґрунтової товщі.

Закономірно, що за наростання рівня зволоження запаси загальної внутрішньої енергії незалежно від способу обробітку за абсолютним значенням вирівнювалися, але залишалися вищими за безполицевих обробітків і збільшувалися за мінімалізаці обробітку.

Слід наголосити, що незалежно від рівня зволоження та способу обробітку запас загальної внутрішньої енергії в товщі 70–200 см становив 62–67% від загального запасу енергії в товщі 0–200 см. Проте за безполицевих обробітків запаси внутрішньої

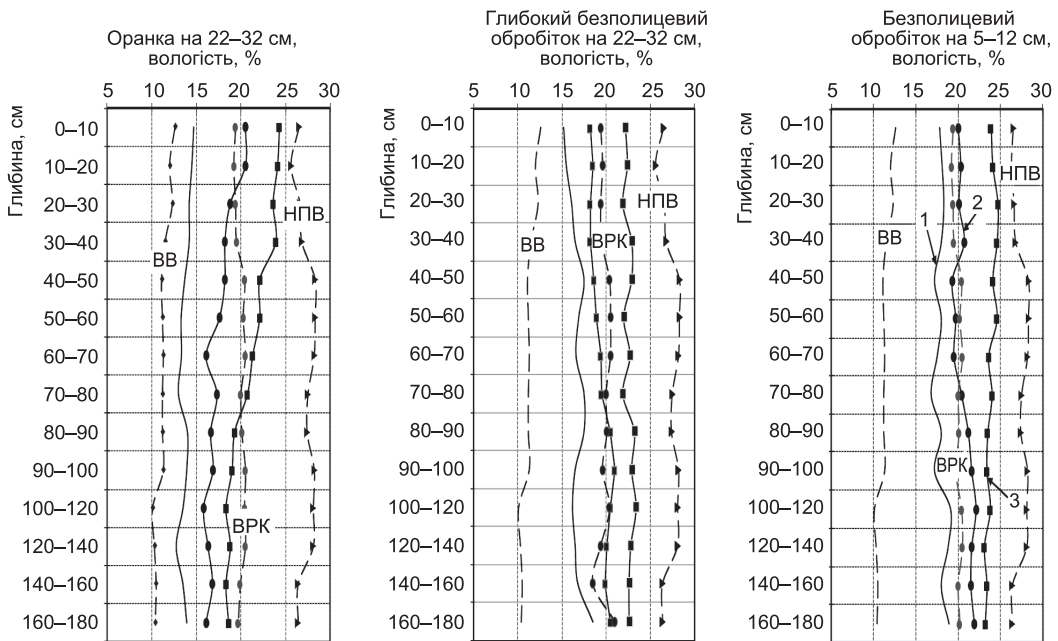


Рис. 1. Вплив системи обробітку чорнозему типового середньогумусного важкосуглинкового Південного Лівобережного Лісостепу на профільний розподіл польової вологи (%) за ротацію культур у сівозмінах: 1 — посушливі умови; 2 — оптимальне зволоження; 3 — надмірне зволоження

Вплив способу обробітку ґрунту на внутрішній запас енергії гумусу та енергії вологабезпечення в агроценозі Лісостепу за сівозміну

Шар ґрунту, см	Внутрішня енергія, ккал/м ²			
	гумусу, А	ґрунтової вологи, В	разом, А+В	В до А
	×10 ³	×10 ⁴	×10 ⁴	
Посушливі умови зволоження				
<i>Оранка на 22 – 25 см</i>				
0–40	144	358	386	25 : 1
0–70	228	607	653	27 : 1
70–200	97,0	1279	1282	130 : 1
0–200	324	1781	1813	55 : 1
<i>Безполицевий обробіток на 22 – 25 см</i>				
0–40	145	410	424	28 : 1
0–70	229	726	749	32 : 1
70–200	97,0	1475	1485	150 : 1
0–200	326	2201	2234	68 : 1
<i>Безполицевий обробіток на 5 – 12 см</i>				
0–40	148	475	490	32 : 1
0–70	228	792	815	35 : 1
70–200	102	1628	1638	160 : 1
0–200	333	2419	2453	73 : 1
Оптимальні умови зволоження				
<i>Оранка на 22 – 25 см</i>				
0–40	147	484	500	33 : 1
0–70	226	805	828	36 : 1
70–200	109	1426	1437	130 : 1
0–200	335	2231	2265	67 : 1
<i>Безполицевий обробіток на 22 – 25 см</i>				
0–40	147	487	620	32 : 1
0–70	231	849	1057	36 : 1
70–200	100	1741	1651	170 : 1
0–200	339	2600	2634	77 : 1
<i>Безполицевий обробіток на 5 – 12 см</i>				
0–40	146	529	675	36 : 1
0–70	232	913	1122	38 : 1
70–200	103	1913	1943	190 : 1
0–200	345	2837	2872	82 : 1
Вологі умови зволоження				
<i>Оранка на 22 – 25 см</i>				
0–40	144	594	608	41 : 1
0–70	228	1009	1032	44 : 1
70–120	99,0	1649	1658	170 : 1
0–200	330	2658	2691	82 : 1
<i>Безполицевий обробіток на 22 – 25 см</i>				
0–40	140	578	595	41 : 1
0–70	223	999	1021	45 : 1
70–200	103	1952	1963	190 : 1
0–200	339	2951	2859	87 : 1
<i>Безполицевий обробіток на 5 – 12 см</i>				
0–40	146	633	648	43 : 1
0–70	232	1079	1102	47 : 1
70–200	106	2034	2045	190 : 1
0–200	340	3113	3147	93 : 1

загальної енергії були вищими за рахунок насичення товщі 70–200 см ґрунтовою вологою. На 1% загальної внутрішньої енергії за оранки припадало $20,0-26,7 \cdot 10^4$, за безполицевого обробітку — $22,5-26,7 \cdot 10^4$ ккал/м², за безполицевого мілкого обробітку — $24,4-31,4 \cdot 10^4$ ккал/м², що в 1,13–1,22 раза, 1,20–1,33 та 1,10–1,17 раза вище, ніж за оранки відповідно до наростання умов зволоження.

У гумусному горизонті (0–70 см) за оранки на 1% загального запасу внутрішньої енергії припадало $18,6-27,2 \cdot 10^4$ ккал/м², за мілкого безполицевого обробітку — $24,6-31,4 \cdot 10^4$ ккал/м², що в 1,18–1,32 раза, 1,31–1,39 та 1,10–1,15 раза більше відповідно до наростання умов зволоження. У гумусному горизонті (0–40 см) на 1% внутрішньої енергії загального запасу за оранки припадало $18,0-24,5 \cdot 10^4$ ккал/м², безполицевого обробітку — $22,3-29,8 \cdot 10^4$, за мілкого безполицевого обробітку — $24,5-30,9 \cdot 10^4$ ккал/м², що вище в 1,20–1,31 та 1,24–1,36 раза, ніж за оранки. Це свідчить про важливе значення ґрунтової вологи в гумусонакопиченні на чорноземах за різних способів обробітку та рівнів зволоження.

За оранки в умовах недостатнього зволоження перерозподіл польової вологи наближений до вологості в'янення (ВВ), за оптимального зволоження він перебуває на рівні вологості уповільненого росту культур, за оптимального зволоження в товщі 0–70 см — на рівні найменшої польової вологості (НПВ)–ВРК, із глибини 70 см зволоження — нижче за ВРК.

За глибокого безполицевого обробітку епюра розподілу польової вологості в профілі чорнозему за посушливого, оптимального та достатнього зволоження більше тяжіють до ВРК, а епюра, яка відповідає високому рівню зволоження, перебуває між НПВ–ВРК, але тяжіє до ВРК.

За мілкого безполицевого обробітку епюра зволоження в профілі, що відповідає посушливим умовам, максимально наближена до ВРК, а за оптимального і надмірного зволоження перебуває на рівні ВРК, із нижньої частини профілю перевищує ВРК, а за надмірного зволоження більше тяжіє до НПВ (рис. 1).

Дослідженнями встановлено, що в квітні незалежно від способу обробітку ґрунту формувалися однакові запаси продуктивної вологи в товщі ґрунту 0–180 см, які залежно від умов року змінювалися в інтервалі 165–240 мм, у метровій товщі — 130–170 мм. Проте в липні виявлено довгостроковий вплив різних способів обробітку на запаси продуктивної вологи в товщі чорнозему 0–180 см. За систематичної оранки запаси вологи становили 95–180 мм, за безполицевого і поверхневого обробітків вони були вищими на 5–10 і 20 мм. У метровій товщі чорнозему встановлена закономірність збереглася (рис. 2).

Довгострокове виконання безполицевого і поверхневого обробітків забезпечило надбавку запасу продуктивної вологи 15–25 мм. За систематичної оранки витрати запасу продуктивної вологи за квітень–липень були найвищими: 106–122 мм (шар ґрунту 0–100 см) та 90–100 мм (шар ґрунту 0–150 см), тоді як за безполицевого і поверхневого обробітків її витрати на фізичне випаровування і транспірацію з товщі 0–100 см були нижчими на 10 і 21 мм відповідно, з товщі 0–150 см — на 5–20 мм. Витрати продуктивного запасу вологи по типових межових значеннях зі зниженням глибини обробітку зменшувалися в товщі 0–150 см на 20 мм порівняно з витратами її запасу за оранки.

У вересні незалежно від способу обробітку чорнозему за медіаною істотної різниці у вологозапасах метрової товщі чорнозему не виявлено (79–82 мм). Значну різницю в запасах продуктивної вологи виявлено по мінімальних типових значеннях: за поверхневого обробітку в шарі ґрунтової товщі 0–50 см вологи було більше на 21 мм, а загалом у товщі 0–100 см запас вологи був однаковим порівняно з оранкою і безполицевим обробітком.

За поверхневого обробітку (квітень – липень) волога витрачалася в 1,2 раза ефективніше, ніж за систематичної оранки, за квітень–вересень — у 1,12 раза ефективніше, ніж за оранки. За глибоких обробітків більше витрачалася (62–65%) вологи порівняно із загальними витратами у весняно-літній період, тоді як за поверхневого обробітку витрати продуктивного запасу

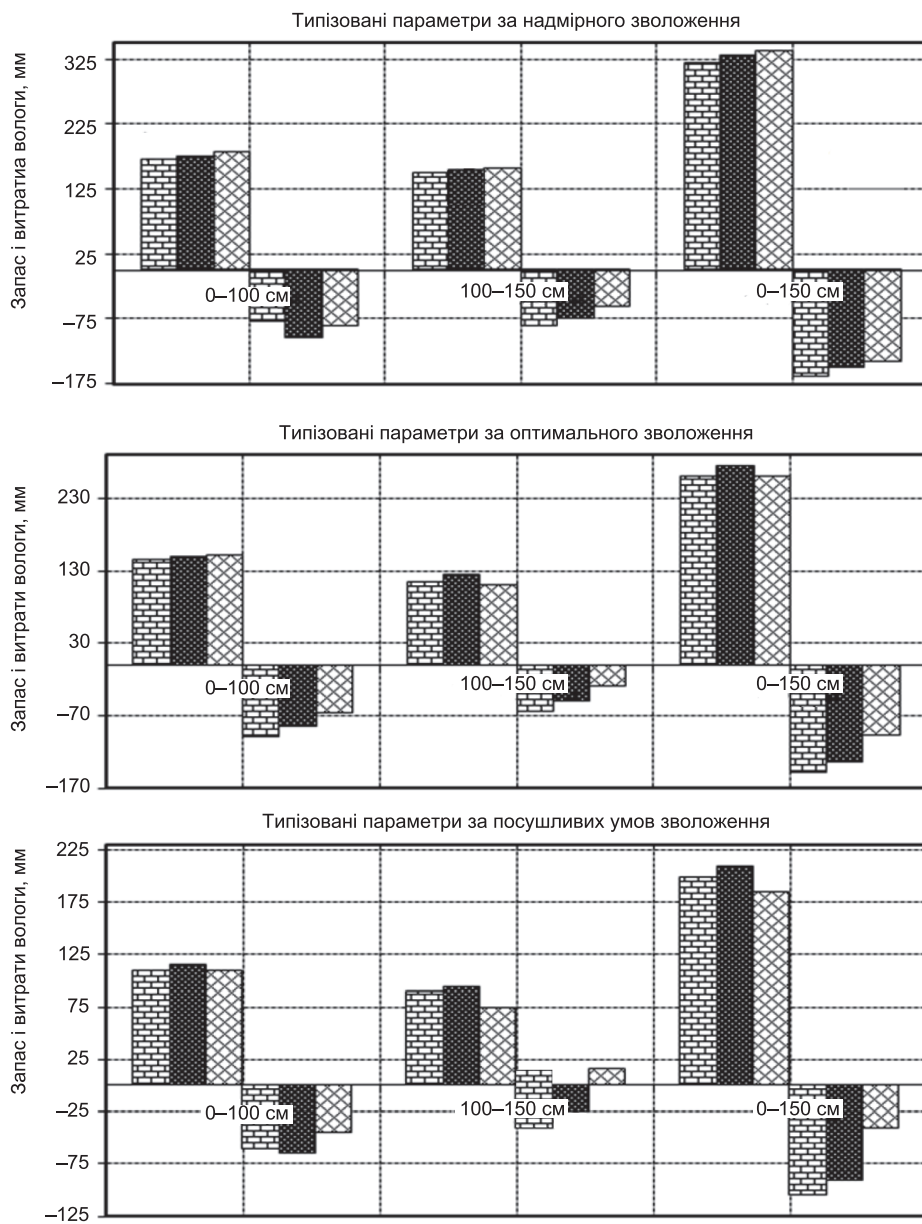


Рис. 2. Вплив різних систем обробки чорнозему типового малогумусного на типізовані значення витрат і надходження продуктивної вологи в центральній частині Лівобережного Лісостепу України за 2015–2020 рр.: ▣ — оранка на 22–25 см; ▤ — глибокий безполицевий обробіток на 22–25 см; ▥ — безполицевий обробіток на 10–12 см

вологи були рівномірнішими за весняно-літньо-осінній період. Відбулася гідрофілізація ґрунтових умов у літній період.

Такий стан чорнозему забезпечується, коли зволоженість у товщі чорнозему не зни-

жується до значень вологості в'янення (ВВ) і найбільшою мірою проявляється в інтервалі вологості уповільненого росту (ВУР) — ВРК — 75% НВ. Дослідженнями впливу різних систем обробки на вологонасиченість

ґрунтової товщі чорноземів доведено, що постійне проведення безполицевих обробітків зі стійкою тенденцією до мінімалізації обробітку сприяло тому, що вологонасиченість у товщі 0–100 і 100–200 см у найпосушливіший період літа перебувала в оптимальних межах зволоженості, тоді як за систематичної оранки вона знижувалася до значень ВВ (рис. 1, 2).

Інтегративність взаємодії елементарних об'ємів затиснутого повітря виявляється в зміні його термодинамічного стану через переміщення узагальнювального ґрунтового меніску, що призводить до автоколивальних термодинамічних процесів і порушує саморегуляцію ґрунтових процесів у товщі чорнозему в умовах систематичного виконання ґрунтозахисного обробітку. Результат культурного ґрунтоутворення в агроценозах залежить від подовженості зазначеного стану чорнозему впродовж вегетаційного періоду. За оранки перманентність ґрунтоутворення в агроценозах порушується через пересихання товщі чорнозему в червні–серпні, тоді як за безполицевого обробітку підвищена біогенність у товщі чорнозему забезпечується впродовж усього вегетаційного періоду [21].

За оранки й глибокого безполицевого обробітку агрофізичний стан шару чорнозему 0–30 см визначається гідротермічними

умовами та кількістю опадів за теплий період року, що свідчить про аридизацію ґрунтових умов і прояв агрофізичної деградації. В умовах систематичної оранки більшою мірою і глибокого безполицевого обробітку меншою мірою реалізація природної та ефективної родючості і продуктивність агроценозу залежать від стану кліматичних факторів. За безполицевого мілкого обробітку чорнозем набуває автономності, а потенційна й ефективна родючість не лімітується у своїй реалізації, що визначає рівень продуктивності агроценозу та умови розширеного відтворення родючості чорнозему [В.В. Костильков, 1989], [18].

В умовах безполицевого обробітку між напруженістю зовнішніх умов і дисипативністю чорнозему виникає стійкий зв'язок, що забезпечує субординаційність локальних процесів саморегуляції в агроценозі: стабілізується активність кінетичного ґрунтового середовища чорнозему. Діапазон термодинамічного стану, який обмежує гомеостатичне плато стійкості чорноземів до складових зовнішнього середовища в інтервалі доступної для рослин вологи, задається нерегулярністю перетину шпаруватого простору, а зазначений стан є фундаментальною властивістю чорнозему, що забезпечує незворотність дії циклічних складових зовнішніх потоків енергії та речовини [21].

Висновки

Детермінувальним чинником у посиленні ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах є забезпечення системою обробітку режиму зволоження в межах періодично-примивного водного режиму, коли досягається оптимальний рівень внутрішньої енергії вологозабезпечення в ґрунтовій товщі, наблизеній до запасу енергії при ВРК, а реалізація потенціалу внутрішньої енергії гумусу можлива лише у виваженому співвідношенні з внутрішньою енергією вологозабезпечення.

Із розширенням співвідношення запасу внутрішньої енергії вологозабезпечення до запасу внутрішньої енергії гумусу відбувається реалізація енергії гумусу, що впливає на підвищення природної і потенційної родючості через ефективну форму.

Звуження співвідношення енергії вологозабезпечення та енергії гумусу сприяє посиленню мінералізації за наростання аридності ґрунтових умов, що послаблює та знижує продуктивність агроценозу Лісостепу.

Незалежно від способу обробітку за надмірного зволоження забезпечення вологою агроценозу є високим, а за оптимального і недостатнього зволоження за безполицевих обробітків створюються умови оптимального забезпечення вологою товщі чорнозему. Ґрунтова волога має значення, близькі до значень ВРК, що забезпечує зниження її рухомості, і вологонасичення є найбільш оптимальним для посилення процесів гуміфікації органічних решток і прояву процесів відтворення

природного ґрунтотворення в агроценозах за рахунок моделювання непромивного режиму зволоження. Процес гумусотворення в агроценозах відновлюється тоді,

коли за проведення ґрунтозахисного мінімального обробітку моделюється режим зволоження, який відповідає природним умовам ґрунтотворення чорноземів.

Demidenko O.

Cherkasy State Agricultural Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 13 Dokuchaieva Str., vil. Kholodnianske, Smily district, Cherkasy oblast, 20731, Ukraine; e-mail: smilachiapv@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5334-1154

Energetics of humus and soil moisture of chernozem in agrocenosis: synergistic aspect

Goal. To evaluate quantitatively the internal energy accumulated by humus and determine its relationship with the internal energy potential of the range of active moisture under different levels of hydrophilization of soil conditions and the level of manifestation of self-regulation of fertility depending on different methods of chernozem cultivation in agrocenoses of the Central Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, agrochemical (selection of samples and determination of total humus), statistical calculation (justification of the reliability of the obtained results and development of statistical models of relationships), agro-economic and energy (determination of economic and energy indicators of different crop rotations). **Results.** The research was conducted on the Drabiv experimental field in a stationary experiment established in 1967, which included 29 different crop rotations. The determining factor in the reproduction of soil formation of chernozems in agrocenoses is the provision of a moistening regime by the tillage system, when the optimal level of the internal energy of moisture supply is reached in the soil layer, which is close to the energy reserve at the VRK, and the realization

of the potential of the internal energy of humus is possible only in a balanced ratio with the internal energy of moisture supply. By increasing the ratio of the internal energy of moisture supply to the internal energy of humus, the energy of humus is realized, which influences the increase of natural and potential fertility. The narrowing of the ratio of moisture supply energy and humus energy contributes to the strengthening of mineralization due to the increase in the aridity of soil conditions, which weakens and reduces the productivity of the forest-steppe agrocenosis. **Conclusions.** Regardless of the method of cultivation, with excessive moistening, the provision of moisture to the agrocenosis is high, and with optimal and insufficient moistening, conditions for optimal moisture supply of the chernozem layer are created under deep loosening cultivation. Soil moisture has values close to the values of VRK, which ensures a decrease in its mobility, and moisture saturation is the most optimal for enhancing the processes of humification of organic residues and the manifestation of the processes of reproduction of natural soil formation in agrocenoses due to the modeling of the non-washable mode of moistening in agrocenoses. The process of humus formation in agrocenoses is then restored when a soil-protective minimum tillage is used to simulate a moistening regime that corresponds to the natural conditions of soil formation in chernozems.

Key words: moisture supply, soil formation, plowing, soil protection tillage, chernozem, Left Bank Forest Steppe.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-01>

Бібліографія

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ: ТОВ «ВИК-ПРИНТ», 2010. 111 с.
2. Балюк С.А., Медведєв В.В. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України. Київ: Аграрна наука, 2012. 240 с.
3. Медведєв В.В. Агрозем як нове 4-вимірне полігенне утворення. *Ґрунтознавство*. 2012. № 17. Т. 1–2. С. 5–20. doi:10.15421/04160
4. Медведєв В.В. Фізична деградація ґрунтів, її діагностика, ареал поширення і засоби попередження. *Ґрунтознавство*. 2012. Т. 13. № 1, 2. С. 5–22.
5. Demidenko O.V., Bulygin S.Yu., Velychko V.A. et al. Soil moisture potential of agrocenoses in the forest-steppe of Ukraine. *Agricultural Science and*

Practice. 2021. V. 8. № 2. P. 49–61. doi: 10.15407/agrisp8.02.049

6. Demidenko O.V., Boiko P.I., Tsimbal Y., Kovalenko N. Management of moisture resource potential in agrocenoses of forest-steppe of Ukraine. *International J. of Ecosystems and Ecology Science*. 2020. P. 733–746. doi: 10.31407/ijees.10.423

7. Демиденко О.В. Режим зволоження чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 10. С. 14–22.

8. Демиденко О.М., Шичула М.К. Опівнічування фаціального гумусонакопичення при мінімальному обробітку чорноземів в агроценозах Лісостепової і степової зони України. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва*. 2006. № 6. С. 14–24.

9. Демиденко О.В., Задубинна Є.В. Ефективність побічної продукції в перші роки застосування системи no-till-технології. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип. 1 (11). С. 31–41.

10. Тараріко Ю.О., Кудря С.І., Лукашук В.П. Вплив зміни гідротермічних умов на поживний режим чорнозему типового та ефективність побічної продукції як добрив. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 64–72. doi: 10.31073/agroviznik202108-08/

11. Егергіна Е.И. Термодинамические свойства и энергетика гумуса разновозрастных почв Крымского полуострова. *Живые и биокосные системы*. 2013. № 3. С. 40–47. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-5>

12. Забалусь В.О. Енергетичні і термодинамічні характеристики гірських порід як показник їх здатності до ґрунтоутворення. *Екологія і природокористування*. 2003. Вип. 6. С. 99–95.

13. Орлов О. Енергоємність гумусу як критерій гумусового стану ґрунтів. *Вісник Львівського ун-ту. Серія біологія*. 2002. Вип. 31. С. 111–115.

14. Демиденко О.В., Величко В. А. Відтворення енергетики ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах. *Агрохімія і ґрунтознавство на шляху сталого розвитку України*. 2015. Вип. 82. С. 19–26.

15. Черныш А.Ф., Сергаенко В.Т., Кондаурова А.Г. Новые подходы к количественной оценке эрозийной деградации почв. *Почвоведение*

и агрохимия. 2012. № 1(48). С. 7–17.

16. Шибут Л.И., Азаренок Т.Н., Матечинкова С.В. и др. Энергетическая оценка плодородия почв для рационального землепользования в почвенно-экологических провинциях Беларуси. *Почвоведение и агрохимия*. 2017. № 1(18). С. 20–31.

17. Полупан М.І., Соловей В.Б., Абрамов С.П. Диагностика окультуренных эталонов почв при фоновом мониторинге земельных ресурсов. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1999. № 2. С. 40–45.

18. Полупан М.І., Соловей В.Б., Полупан В.І. та ін. Пріоритетні кліматичні критерії вологозабезпечення, природи й енергетики ґрунтоутворення та родючості ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2003. № 2. С. 13–19.

19. Медведєв В.В. Оптимізація ґрунтово-агрохімічних і агротехнічних факторів. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 2. С. 9–11.

20. Демиденко А.В., Капштык М.В., Шидула Н.К. и др. Минимальная обработка черноземов типичных, как фактор саморегуляции агроценозов. *Проблемы использования земли*. Київ, 1995. С. 70–71.

21. Шидула М.К., Демиденко О.В. Основні принципи багатопараметричної самоорганізації та дискретності зміни родючості чорнозему в агроценозі при ґрунтозахисному землеробстві. *Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві*; за ред. М.К. Шидули. Київ: Оранта, 1998. С. 300–314.