



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.43

© 2025

ФОРМУВАННЯ ВЕСНЯНИХ ЗАПАСІВ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ В 10-ПІЛЬНІЙ СІВОЗМІНІ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ

О.В. Демиденко¹, І.С. Шаповал²

¹доктор сільськогосподарських наук

²кандидат сільськогосподарських наук

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»

вул. Докучаєва, 13, с. Холоднлянське Смілянського р-ну Черкаської обл., 29731, Україна

e-mail: ¹agrogumys@ukr.net, ²si4729983@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-5334-1154, ²0009-0005-0154-0310

Надійшла 18.12.2024

Мета. Встановити закономірності накопичення весняних запасів вологи атмосферних опадів холодного періоду року в метровій товщі чорнозему типового 10-пільної зерно-просапної сівозміни в довгостроковому вимірі (49 років) в умовах нестійкого зволоження центральної частини Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий (для відбору зразків у метровій товщі чорнозему типового в різні періоди), лабораторний (для термовагового визначення вологості з наступним розрахунком її запасів за період досліджень), математичний, статистичний і порівняльно-розрахунковий (для обґрунтування достовірності отриманих вологозапасів у метровій товщі та розроблення статистичних моделей взаємозв'язків). **Результати.** За 1975–1988 рр. і 2020–2024 рр. кількість опадів у холодний період року (XI–III) перевищила середньорічні запаси на 64 мм, як і загалом за 2010–2024 рр. Водночас відсоток опадів за холодний період року від суми річних опадів зростав з 35 (1975–1984 рр.) до 44% (2020–2024 рр.), а сума опадів за теплий період року зменшувалася з 65 до 57% відповідно до зазначених періодів, що на 35–40 мм менше за багаторічне середнє значення. У 1975–1988 рр. і 2020–2024 рр. у весняний період спостерігалось зниження запасів продуктивної вологи (на 24–37 мм) у метровій товщі чорнозему типового, тому показник зволоження зменшувався в 1,15–1,31 рази порівняно з цим значенням у весняний період спостережень. При цьому умови зволоження змінювалися від вологих і надмірно вологих ($\eta = 1,1$ – $1,3$ і $\eta = 1,3$) до слабо-

посушливих ($\eta = 0,9 - 1,1$ і $\eta = 0,7 - 0,9$). Кластеризація періодів спостережень за агрокліматичними параметрами, запасами продуктивної вологи і показником зволоження в метровій товщі чорнозему типового у весняний період дала змогу встановити рівень віддаленості періодів досліджень і показати зростання віддаленості періодів 2010–2014 рр., 2015–2019 та 2020–2024 рр. від початкового періоду досліджень 1975–1999 рр., що свідчить про наростання посушливості умов зволоження у весняний період 10-пільної сівозміни. **Висновки.** У період 2000–2024 рр. з наростанням посушливості ґрунтових умов за показником зволоження та зниженням запасів вологи на 24–37 мм у метровому шарі ґрунту навесні продуктивність 10-пільної сівозміни за врожайністю зернових культур була на 2,25 т/га вищою (у 5,3 раза) від урожайності, коли на фоні мінерального живлення вносили гній.

Ключові слова: продуктивна волога, показник зволоження, режим зволоження, гній, побічна продукція, урожайність зернових культур.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202503-01>

В умовах нестійкого зволоження Лісостепу України рівень вологозабезпеченості чорноземів є одним із вирішальних чинників формування продуктивності різноротаційних сівозмін [1]. Динамічне чергування культур у поєднанні з відповідними системами обробітку й удобрення ґрунту забезпечує ефективніше накопичення вологи в ґрунті та використання її польовими культурами, що сприяє зменшенню негативних наслідків посухи [Черкасов І.Н., Акименко А.С., 2016] [2, 3]. Вивчення закономірності висхідного руху ґрунтової вологи в агроценозах під час випаровування допомагає обґрунтувати й розробити раціональні сівозміни та системи обробітку ґрунту, які сприяють скороченню витрат ґрунтової вологи на фізичне випаровування на 15–25% [4], та оцінити ґрунтові умови забезпечення вологою та елементами живлення [5]. Погіршення водно-фізичних властивостей чорнозему безпосередньо пов'язане із втратою гумусу та аридизацією ґрунтових умов росту культур у сівозмінах [6]. Одним із найважливіших чинників формування і підвищення врожайності сільськогосподарських культур в умовах нестійкого

зволоження Лісостепу України є накопичення та ефективне використання вологи атмосферних опадів. Дефіцит вологи впродовж вегетації польових культур призводить до зниження ефективності дії мінеральних добрив, системи захисту рослин від шкідливих організмів тощо [7, 8].

З урахуванням особливостей кліматичних умов Лісостепу, а також біологічних особливостей культур щодо водоспоживання і режиму зволоження ґрунту під ними можна визначити напрями найефективнішого використання вологи ґрунту та атмосферних опадів польовими культурами за їх вирощування в різноротаційних сівозмінах [9–11]. У підзоні нестійкого зволоження управління надходженням і витратою вологи з ґрунту має здійснюватися через оптимальний підбір і чергування культур у сівозмінах, що забезпечить найбільш оптимальне використання доступної вологи й поновлення її запасів [Акименко А.С., 2019], [12], [Кільчевська Л.С., 1983] [13–21].

За сучасних кліматичних змін у Лісостепу України волога є головним «мінімум-фактором» агроєкосистем, в яких першочерговим є розв'язання проблеми

нестачі водних ресурсів. Розвиток сільськогосподарського виробництва визначається високим рівнем вологозабезпечення та вологозбереження в агроценозах різноротаційних сівозмін [22].

Мета досліджень — установити закономірності накопичення весняних запасів вологи атмосферних опадів холодного періоду року в метровій товщі чорнозему типового 10-пільної зерно-просапної сівозміни в довготерміновому вимірі (49 років) в умовах нестійкого зволоження центральної частини Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження виконували в центральній частині Лівобережного Лісостепу України в довготерміновому (49 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». За ґрунтово-екологічним районуванням на адаптивних засадах спостереження за формуванням весняних запасів продуктивної вологи залежно від агрокліматичних показників холодного періоду року проводили в умовах лісостепової зволоженої (ГТК = 1,00 – 1,20) зони (8.76) чорноземів типових із кількістю опадів за холодний період року 140–160 мм, за свосенням 52% опадів з ГТК за травень — липень (1,00–1,10), серпень — вересень (0,91–1,00) [23]. Аналіз динаміки вологості метрової товщі та накопичення продуктивного запасу вологи проводили з використанням даних 1975–2024 рр. за матеріалами звітів виконання наукових досліджень Драбівської дослідної станції та Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». Проаналізовано зміну весняних вологозапасів у межах періодично промивного водного режиму центральної частини Лівобережного Лісостепу України. Визначення запасів вологи проводили в 10-пільній сівозміні (пшениця озима, ячмінь ярий,

кукурудза на зерно та силос, буряки цукрові, соняшник) до глибини 0–100 см. Аналізували дані величин польової вологості у % до маси сухого ґрунту. Багаторічні дані про вологість чорнозему типового є фундаментальними, оскільки спостереження впродовж 1975–2024 рр. проводили й проводять за методикою [О.А. Роде, 1965], визначення вологості ґрунту — за методом термостатно-вагового висушування. Зразки відбирали буром до глибини 0–100 см пошарово через 10 см, повторність — 3-разова. Динаміку зернових культур доцільно розділити на 2 періоди: за внесення $N_{55-60}P_{45-60}K_{50-60} + 6-7$ т/га гною (1975–1999 рр.) і $N_{65}P_{65}K_{65} + 6-7$ т/га побічної продукції (2000–2024 рр.).

Режим зволоження в 10-пільній сівозміні досліджували за ДСТУ ISO 16586:2005. Якість ґрунту. Об'ємну вологість ґрунту визначали за відомою щільністю складення на суху масу. Використовували гравіметричний метод (ISO 16586:2003, IDT); ДСТУ ISO 15709:2004. Якість ґрунту. Ґрунтова вода та ненасичена зона. Визначення, позначення та теорія (ISO 15709:2002, IDT). Періодичність спостережень за режимом зволоження — у холодний період року з листопада по березень — 1 раз на місяць. Аналізували дані метеорологічних параметрів, отримані на метеостанції Драбівського дослідного поля. Комплекс метеоданих — суму атмосферних опадів, середньомісячну температуру повітря — наведено за роками помісячно. Результати польових досліджень обробляли методом дисперсійного аналізу з використанням статистичних методів: дисперсійного, факторного, кластерного та методу непараметричної статистики. Узагальнення результатів досліджень проводили за допомогою програми Statistica 10.

Результати досліджень. Під час проведення досліджень (1975–2024 рр.) агрокліматичні параметри холодного періоду року істотно змінювалися (рис. 1). Так, у грудні 2020–2024 рр. кількість

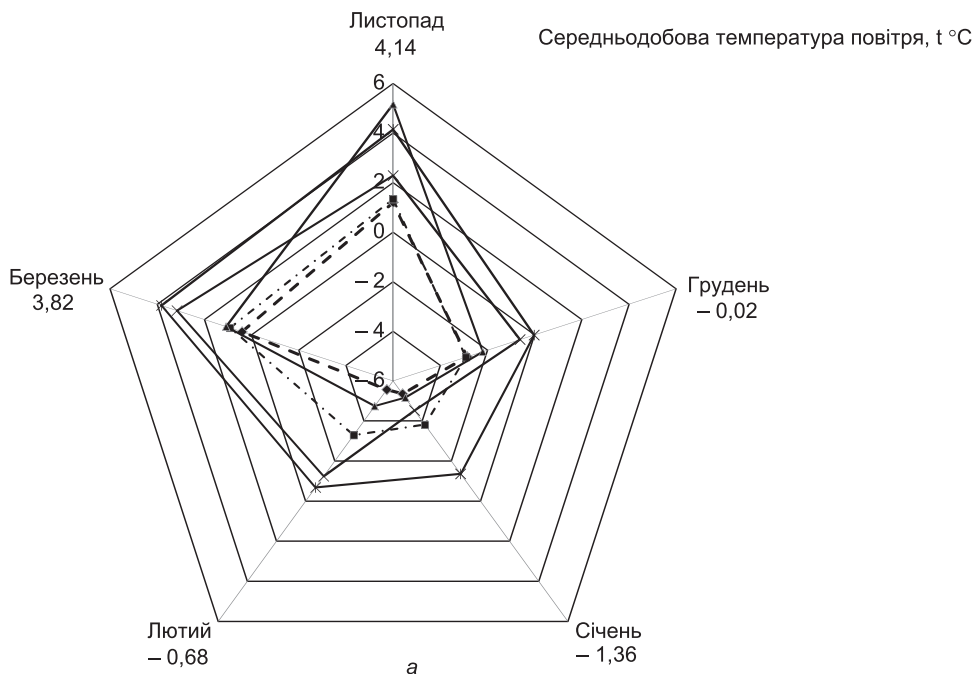


Рис. 1. Середньомісячні агрометеорологічні параметри холодного періоду року за 1975–2024 рр.: а – —◆— 1975–1992; —■— 1993–2009; —▲— 2010–2014; —×— 2015–2019; —*— 2020–2024; б – —◆— 1975–1991; —■— 1993–2009; —▲— 2010–2014; —×— 2015–2019; —*— 2020–2024

опадів була на 28 мм вищою за норму. У січні кількість атмосферних опадів найбільше відхилялася від норми в період 1985–1990 рр. і 1991–1996 рр. — 9 та 15 мм відповідно. У лютому кількість опадів перевищувала норму на 30 мм (2020–2024 рр.), у 1991–1996 рр. була меншою за норму на 11 мм, у 2005–2008 рр. перевищувала норму на 18 мм. У березні кількість опадів відхилялася від норми незначною мірою, найменше їх випало в 1985–1990 рр. та 1991–1996 рр., що було нижче за норму на 18 і 12 мм відповідно.

Середньодобова температура повітря в грудні у 2020–2024 рр. становила $+4,1$ °С, що перевищувало норму на $+1,4$ °С, порівняно з 1991–1996 рр. вона збільшилася на $+3,7$ °С. Надалі середньодобова температура послідовно підвищувалася на $+1,6$ °С (2005–2009 рр.), $+1,0$ °С (2014–2019 рр.) та $+1,1$ °С (2020–2024 рр.). У грудні спостерігалось підвищення від'ємних середньомісячних температур повітря з $-3,5$ – $-3,6$ °С (1985–1996 рр.) до $-0,02$ °С (2020–2024 рр.), а найбільш стрімким воно було з 2005–2009 рр. Аналогічна закономірність спостерігалась і в січні. Порівняно з 1976–1980 рр. значення від'ємних температур підвищилися на $5,1$ °С, що на $2,1$ °С вище за норму.

У лютому встановлена закономірність підвищення від'ємної температури повітря збереглася: порівняно з 1985–1990 рр. температура повітря у 2020–2024 рр. підвищилася на $4,2$ °С, що перевищило норму на $1,9$ °С. Із 1985–1990 рр. від'ємна температура повітря підвищувалася на $1,0$ °С (1991–1996 рр.), $0,3$ (2005–2009), $2,8$ (2014–2019) та $0,4$ °С (2020–2024 рр.). У березні 1985–1990 рр. середньомісячна температура повітря підвищилася з $-0,2$ до $+3,6$ – $3,8$ °С порівняно з періодом 2014–2024 рр., що перевищило норму на $0,8$ – $1,5$ °С.

Загалом середньодобова температура повітря за період XI–II у 2020–

2024 рр. підвищилася до $+0,5$ °С порівняно з 1977–1990 рр. ($-3,1$ – $-3,8$ °С), а з 1985–1990 та 2014–2019 рр. від'ємна температура повітря зросла відповідно на $1,1$ °С; $1,3$; $0,6$ °С. За період XI–III встановлена закономірність збереглася, але перехід від'ємних температур через 0 °С було виявлено в період 2014–2019 рр. У 2020–2024 рр. температура повітря становила $+1,2$ °С проти її від'ємного значення за нормою (табл. 1).

Кількість опадів за холодний період року з 1975–1984 рр. поступово зростала і у 2010–2013 рр. досягла значень 230 – 251 мм, що перевищило їх кількість в 1975–2009 рр. (у середньому 175 мм) на 57 – 78 мм, у 2020–2024 рр. перевищення норми становило $64,0$ мм, загалом за 2010–2024 рр. — 64 мм. Відсоток опадів за холодний період року від суми річних опадів послідовно збільшувався з 1975–1984 рр. (35%) до 2020–2024 рр. (44%), а сума опадів за теплий період року (IV–X) послідовно знижувалася з 65 (1975–1988) до 56 – 59% у 2010–2024 рр., що в середньому на 35 – 40 мм менше порівняно з 1975–2009 рр. (див. табл. 1).

За нормованою статистичною оцінкою агрометеопараметрів, коефіцієнт осциляції опадів за холодний період року для періодів листопад — лютий та листопад — березень становив, відповідно, $V_r = 202\%$ і $V_r = 194\%$ за амплітудного розмаху $\Delta_a = 317$ і $\Delta_a = 372$ мм та середньої кількості опадів 157 мм і 192 мм відповідно (табл. 2). Типовий перепад кількості опадів становив $\Delta_n = 66$ мм і $\Delta_n = 69$ мм за 50% -м рівнем значущості та коефіцієнтами варіації їх кількості $\text{Coef. Var.} = 40,2$ та $38,4\%$ відповідно, що свідчить про неоднорідність самої вибірки ($V > 33\%$).

Асиметрія розподілу кількості опадів за холодний період року як статистична характеристика розподілу була правосторонньою з високим рівнем прояву ($A_s > 0,5$), а ексцес розподілу був гостровершинним ($E_k > 3$), що свідчить про відхилення від нормального

1. Середньомісячні агрометеорологічні параметри холодного періоду року за листопад — лютий і листопад — березень 1975–2024 рр.

Роки спостережень	Період спостережень			Опади від річних опадів, %	
	XI–II	XI–III	За рік	за IV–X	за XI–III
	Середньомісячна кількість атмосферних опадів, мм				
1975–1984	170	202	581	65,0	35,0
1985–1990	131	151	479	68,0	32,0
1991–1996	101	127	453	72,0	28,0
1999–2004	148	181	567	68,0	32,0
2005–2009	163	203	533	62,0	38,0
2010–2013	191	234	545	57,0	43,0
2014–2019	135	230	560	59,0	41,0
2020–2024	220	251	565	56,0	44,0
2010–2024	182	238	557	57,0	43,0
Норма опадів, мм	149	187	482	61,0	39,0
	Середньомісячна температура повітря, °С				
1975–1982			За рік		
1975–1982	-3,1	-2,4	+7,2	–	–
1985–1990	-3,8	-3,1	+7,1	–	–
1991–1996	-2,7	-2,1	+7,8	–	–
1999–2004	-0,9	-0,6	+8,3	–	–
2005–2009	-1,4	-0,8	+9,2	–	–
2010–2013	-1,0	-0,8	+9,0	–	–
2014–2019	-0,8	+0,1	+8,5	–	–
2020–2024	+0,5	+1,2	+9,7	–	–
Норма температури повітря, °С	-3,2	-3,5	+7,0	–	–

2. Нормована статистична оцінка агрометеопараметрів холодного періоду року за 1975–2024 рр.

Періоди спостережень	Середнє, X _{ср}	Медіана, мм	Коефіцієнт осциляції*, Vr, %	Min	Max	Нормований розмах***				Коефіцієнт	Коефіцієнт, Coef.Var., %		
						L _{0,25}	L _{0,75}	L _{0,10}	L _{0,90}		асиметрії	ексцесу	
													$\Delta_a^{**} = \text{Max} - \text{Min}$
<i>Середньомісячна кількість атмосферних опадів, мм</i>													
XI–II	157	144	202	66,0	383	116	182	95	217	40	1,41	3,9	
XI–III	192	174	193	83,0	455	149	218	117	287	38	1,47	3,7	
<i>Середньомісячна температура повітря, °С</i>													
XI–II	-1,65	-1,53	212	-5,78	2,30	-2,5	-0,8	-3,6	0,08	97	-0,3	0,8	
XI–III	-0,99	-0,84	226	-5,34	3,10	-1,7	-0,5	-2,8	1,06	165	-0,2	1,2	

*Коефіцієнт осциляції, $V_r = (\Delta_a : X_{ср}) \cdot 100, \%$; **амплітудний розмах — Δ_a ; ***нормований розмах — Δ_n (за 50- та 10%-м рівнями значущості).

розподілу вибірки даних за кількістю опадів у 1975–2024 рр.

Нормований статистичний розподіл середньодобової температури повітря

показав, що коефіцієнт осциляції становив $V_r = 212\%$ (листопад — лютий) та $V_r = 226\%$ (листопад — березень) за середніх значень середньодобової

температури повітря $-1,65$ та $-0,99$ °С, нормованого розмаху $\Delta_n = -1,7$ та $\Delta_n = -1,22$ °С і коефіцієнтів варіації $97,5$ і $65,3\%$ (високий рівень варіації) відповідно. Асиметрія вибірки була лівосторонньою ($A_s = -0,25 - -0,20$) за ексцесу, близького до нормального розподілу ($E_k < 3$).

На рис. 2 показано запаси продуктивної вологи під культурами 10-пільної сівозміни в 1975–2024 рр. На посівах пшениці озимої після багаторічних трав, гороху та кукурудзи на силос запаси продуктивної вологи в 1975–1992 рр. становили $155-161$ мм, у 2020–2024 рр. — були меншими на $24-37$ мм. Найбільше вони знизилися за вирощування пшениці озимої після багаторічних трав (37 мм), найменше — кукурудзи на силос (24 мм).

Показник зволоження метрової товщі навесні після відновлення вегетації пшениці озимої у 2020–2024 рр. порівняно з 1975–2024 рр. знизився в $1,15-1,31$ рази, що відповідало вологим і надмірно вологим умовам зволоження ($\eta = 1,3-1,1$ та $\eta > 1,3$) та оптимальним і слабопосушливим ($\eta = 1,1-0,9$ та $\eta = 0,9-0,7$). За сівби буряків цукрових у 1975–1992 рр. запаси вологи в метровому шарі ґрунту становили $174-175$ мм ($\eta = 1,20-1,21$ — вологі умови), у 2020–2024 рр. — знизилися на $36-46$ мм, що відповідало слабопосушливим умовам ($\eta = 0,89-0,85$). На площах із кукурудзою на зерно в початковий період досліджень запаси продуктивної вологи становили 161 мм, а наприкінці досліджень вони зменшилися на 34 мм ($\eta = 0,89$ — слабопосушливі умови). Запаси вологи за сівби ячменю ярого в 1975–1992 рр. були на рівні 179 мм (вологі умови), у 2020–2024 рр. — зменшилися на 40 мм (слабопосушливі умови). За вирощування попередників пшениці озимої (трав, гороху, кукурудзи на силос) середні запаси вологи на початку досліджень становили 162 мм (вологі

умови), у 2020–2024 рр. — знизилися на 26 мм, що відповідало слабопосушливим умовам. Найбільше запаси продуктивної вологи знизилися за вирощування гороху (на 38 мм), найменше — багаторічних трав.

За нормування параметрів накопичення продуктивної вологи навесні в 1975–2024 рр. коефіцієнт осциляції запасів вологи на посівах пшениці озимої становив $Vr = 29,2\%$ за амплітудного розмаху $\Delta_a = 45$ мм, нормованого розмаху $\Delta_n = 20$ мм і коефіцієнтів варіації запасу $Coef.Var. = 9,9\%$. Розподіл запасів вологи за коефіцієнтом асиметрії відповідав лівосторонній асиметрії з високим її проявом ($A_s > 0,5$). Ексцес їх розподілу був плосковершинним ($E_k < 3$) із незначним відхиленням від нормального розподілу.

Коефіцієнт осциляції запасів продуктивної вологи навесні під буряками цукровими був $Vr = 26\%$ за $\Delta_a = 43$ мм, $\Delta_n = 8,0$ мм, коефіцієнта варіації $= 8,0\%$. Асиметрія розподілу була лівосторонньою ($A_s < 0$), високого рівня, а ексцес розподілу відповідав плосковершинному характеру ($E_k < 3$). Коефіцієнт осциляції запасу весняної вологи за вирощування попередників пшениці озимої становив $Vr = 19,3\%$ за $\Delta_a = 134-141$ мм, $\Delta_n = 30,0$ мм, $Coef.Var. = 17,6-18,2\%$. Коефіцієнти асиметрії та ексцесу розподілу вибірки запасу вологи були аналогічними попереднім значенням. Коефіцієнт осциляції запасів вологи під ячменем ярим становив $Vr = 24,7$ за $\Delta_a = 46$ мм, $\Delta_n = 29$ мм та $Coef.Var. = 9,0\%$.

Статистичні показники нормованого розмаху запасів вологи під кукурудзою були близькими до ярих і озимих колосових культур (табл. 3). У сівозміні за 49 років спостережень середні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту були на рівні 160 мм за медіанного значення, яке перевищило середнє значення запасів вологи на $4,5$ мм за $\Delta_a = 91,8$ мм, $\Delta_n = 19,8$ мм та $Coef.Var. = 7,8\%$.

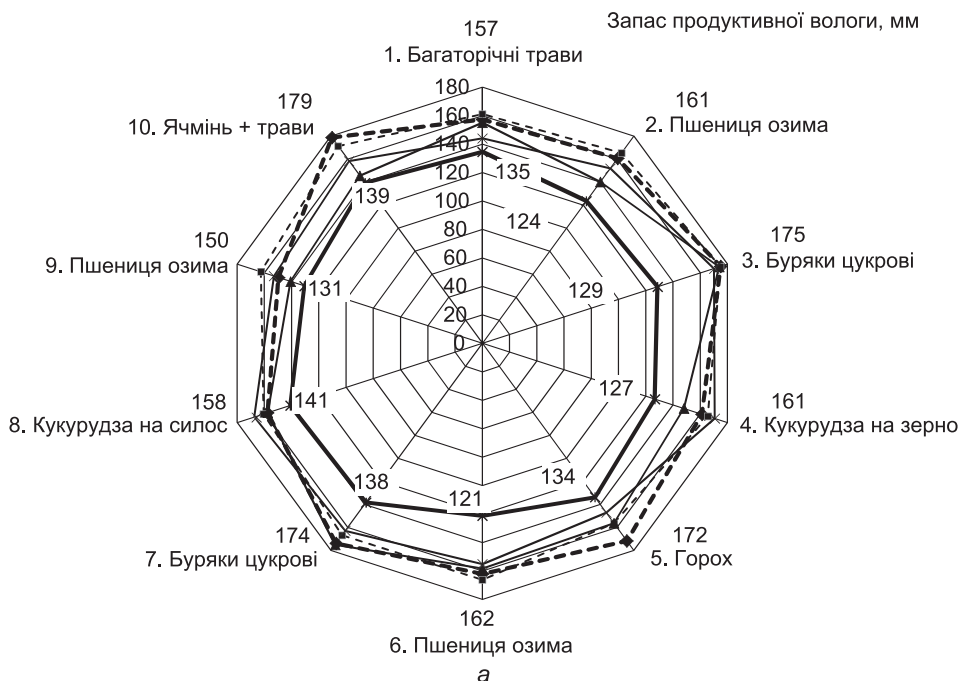


Рис. 2. Весняні запаси продуктивної вологи в метровій товщі чорнозему типового (а) та показники зволоження (б) під культурами 10-пільної сівозміни за 1975–2024 рр.: —◆— 1975–1992; —■— 1993–2009; —▲— 2010–2014; —×— 2015–2019; —*— 2020–2024

3. Нормовані параметри запасів продуктивної вологи під культурами 10-пільної сівозміни за 1975–2024 рр.

Культура в сівозміні	Середнє, мм	Медіана, мм	Коефіцієнт осциляції, Vr*	Min	Max	Нормований розмах, мм		Коефіцієнт, Coef.Var., %
						L _{0,25}	L _{0,75}	
						$\Delta_n^{***} = L_{0,75} - L_{0,25} (50\%)$		
				$\Delta_a^{**} = \text{Max} - \text{Min}, \text{мм}$				
Буряки цукрові	166	169	26,0	134	177	167	175	9,0
Багаторічні трави	154	157	20,1	135	166	144	160	6,9
Горox	154	156	25,0	134	172	146	164	8,2
Кукурудза на силос	158	160	17,0	141	168	158	161	5,2
Попередники озимини	155	158	20,7	137	167	149	162	6,8
Пшениця озима	154	158	29,2	125	170	145	165	9,9
Ячмінь + трави	162	169	24,7	139	179	146	175	9,3
Кукурудза на зерно	158	161	29,0	127	173	148	171	10,2
Середнє по сівозміні	160	162	23,1	132	169	155	165	7,8

*Коефіцієнт осциляції, Vr = $(\Delta_a : X_{cp}) \cdot 100, \%$; **амплітудний розмах — Δ_a ; ***нормований розмах — Δ_n (за 50- та 10%-м рівнями значущості).

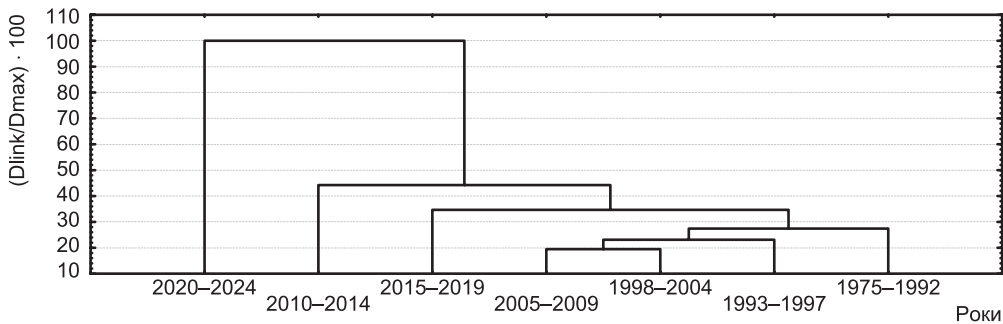


Рис. 3. Кластеризація періодів спостережень за комплексом агрокліматичних параметрів, запасами продуктивної вологи та показником зволоження за 1975–2024 рр.

Кластеризація періодів спостережень за агрокліматичними параметрами, запасами продуктивної вологи і показником зволоження дала змогу згрупувати період спостережень за віддаленістю (рис. 3). Так, період спостережень 1975–1992 рр. кластеризувався з періодом 1993–1997 рр. на рівні 28%-ї віддаленості, з періодами 1998–2002 рр.

і 2005–2009 рр. — на рівні 20%. До особливих об'єктів кластеризації належать періоди 2015–2019 рр., 2010–2014 та 2020–2024 рр. Віддаленість подібності періодів спостережень збільшувалася з 1975–1992 рр. до 2020–2024 рр., що свідчить про зміну запасів вологи в середньому за сівозміну та зростання посушливості.

Висновки

У 1975–1988 і 2020–2024 рр. кількість опадів за холодний період року (XI–III) перевищила їх середньобагаторічні значення на 64 мм. Відсоток опадів за

холодний період року від суми річних опадів збільшився з 35 (1975–1984 рр.) до 44% (2020–2024 рр.), а сума опадів за теплий період року зменшилася з 65

до 57% стосовно зазначених періодів, що на 35–40 мм менше за середньбагаторічне значення.

Із 1975–1988 і 2020–2024 рр. у весняний період спостерігалось зменшення запасів продуктивної вологи (на 24–37 мм) у метровій товщі чорнозему типового, відповідно, показник зволоження знижувався в 1,15–1,31 раза порівняно з його значеннями на початку спостережень. При цьому умови зволоження змінювалися від вологих і надмірно вологих ($\eta = 1,1$ – $1,3$ та $\eta = 1,3$) до слабкопосушливих ($\eta = 0,9$ – $1,1$ та $\eta = 0,7$ – $0,9$).

Demydenko O.¹, Shapoval I.²

Agricultural Research Station of The National Scientific Centre «Institute of Agriculture of NAAS», 13 Dokuchaieva Str., vil. Kholodnianske, Smelyanskyi district, Cherkasy oblast, 29731, Ukraine; e-mail: ¹agrogumys@ukr.net, ²si4729983@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-5334-1154, ²0009-0005-0154-0310

Formation of spring reserves of soil moisture in the 10-field crop rotation of the Central Forest-Steppe

Goal. To establish the regularities of accumulation of spring moisture reserves of atmospheric precipitation of the cold period of the year in the meter thickness of chernozem of the 10-field grain-rowing crop rotation in the long-term measurement (49 years) in conditions of unstable moistening of the central part of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field (for sampling in the meter thickness of chernozem in different periods), laboratory (for thermo-weight determination of humidity with subsequent calculation of its reserves for the research period), the mathematical, statistical, and comparative calculation (for the substantiation of the reliability of the obtained moisture reserve in the meter thickness and development of the statistical models of relationships). **Results.** For the 1975–1988 and 2020–2024 periods, the rainfall in the cold season (XI–III) exceeded the average annual reserves by 64 mm, as in general for the 2010–2024 years. At the same time, the percentage of precipitation for the cold period of the year from the amount of annual precipitation increased from 35 (1975–1984) to 44% (2020–2024), and

Кластеризація періодів спостережень за агрокліматичними параметрами, запасами продуктивної вологи і показником зволоження в метровій товщі чорнозему типового у весняний період дала змогу встановити рівень віддаленості періодів досліджень і показати зростання віддаленості періодів 2010–2014 рр., 2015–2019 та 2020–2024 рр. від початкового періоду досліджень (1975–1999 рр.), що свідчить про зростання посушливості умов зволоження у весняний період 10-пільної сівозміни.

the amount of precipitation for the warm period of the year decreased from 65 to 57% per these periods, which was 35–40 mm less than the long-term average. In the 1975–1988 and 2020–2024 periods, in the spring there was a decrease in productive moisture reserves (by 24–37 mm) in the meter thickness of chernozem, so the moisture index decreased by 1.15–1.31 times compared to this value in the spring period of observations. At the same time, humidification conditions ranged from wet and excessively wet ($\eta = 1.1$ – 1.3 and $\eta = 1.3$) to slightly dry ($\eta = 0.9$ – 1.1 and $\eta = 0.7$ – 0.9). Clustering of observation periods for agroclimatic parameters, productive moisture reserves and moisture index in the meter thickness of chernozem in the spring period made it possible to establish the level of remoteness of research periods and showed an increase in remoteness in 2010–2014, 2015–2019, and 2020–2024 periods as compared to the initial research period of 1975–1999, which indicated an increase in aridity of humidification conditions in the spring period of the 10-year crop rotation. **Conclusions.** From 2000 to 2024, with the increase in aridity of soil conditions in terms of moisture and the decrease in moisture reserves by 24–37 mm in a meter layer of soil in the spring, the productivity of a 10-degree crop rotation by grain yield was 2.25 tons/ha higher (5.3 times) than the yield when manure was applied against the background of mineral nutrition.

Key words: *productive moisture, moisture index, moisturizing mode, manure, by-products, grain yield.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202503-01>

Бібліографія

1. Сайко В.Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2010. 3. С. 3–16.
2. Полупан М.І. Пріоритетні кліматичні критерії ресурсів вологозабезпечення, природи й енергетики ґрунтоутворення та родючості ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2003. 2. С. 13–19.
3. Красільнікова Т.М., Довгаль Г.П. Вплив агрокліматичних ресурсів регіону на продуктивність посівів пшениці озимої в умовах Лісостепу. *Агробіологія: зб. наук. праць Білоцерків. НАУ*. 2016. 1. С. 18–22.
4. Єрмолаєв М.М., Шиліна Л.І., Літвінов Д.В. Закономірності формування водного режиму в сівозмінах на чорноземах Лісостепу Лівобережного. *Вісник аграрної науки*. 2008. 6. С. 13–17.
5. Літвінов Д.В. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2015. 11. С. 13–18.
6. Литовченко А.Ф. Агрогидрометеорологічний метод расчета ресурсосберегаючих режимов орошення сільськогосподарських культур. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. 1. С. 47–51.
7. Литовченко О.Ф. Методика розрахунку щоденних запасів ґрунтової вологи на сільськогосподарських полях в степовій та лісостеповій зонах України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2001. 2. С. 69–75.
8. Іващенко О.О. Проблема дефіциту води на орних землях України. *Вісник аграрної науки*. 2018. 6. С. 53–60. doi: 10.31073/agroviznyk 201806-09
9. Коваленко Н.П. Сівозміни для покращення водного режиму ґрунту Степу України і історична ретроспектива. *Вісник аграрної історії*. 2011. 2. С. 234–241.
10. Бойко П.І., Літвінов Д.В., Демиденко О.В. та ін. Продуктивність сільськогосподарських культур у різноротаційних сівозмінах на типових чорноземах. *Вісник аграрної науки*. 2016. 12. С. 11–14.
11. Бойко П.І., Коваленко Н.П., Дишлевий В.А. Роль сівозмін у зменшенні негативної дії погодних умов на формування врожайності сільськогосподарських культур: зб. наук. пр. ННЦ «ІЗ УААН». 2008. Спецвипуск. С. 78–87.
12. Ткачук А.В. Застосування щоденних запасів ґрунтової вологи для агрокліматичної адаптації землеробства до природного зволоження території. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. 1. С. 129–132.
13. Soderbaum P., Tortajada C. Perspectives for water management within the context of sustainable development. *Water international*. 2011. 36(7). P. 812–827. doi: 10.1080/02508060.2011.628574 Perspectives
14. Fredlund D.G., Rahardjo H. *Soil mechanics for unsaturated soils*. New York: John Wiley and Sons Inc., 2000. 517 p.
15. Pidgeon J.D., Werker A.R., Jaggard K.W. Climatic impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe 1961–1995. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2001. 109. P. 27–37.
16. Richter G.M., Jaggard K.W., Mitchell R.A.C. Modeling radiation interception and radiation use efficiency for sugar beet under variable climatic stress. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2001. 109(2). P. 13–25.
17. Ober E.S., Luterbacher M.C. Genotypic Variation for Drought Tolerance in *Beta vulgaris*. *Oxford J., Life Sciences, Annals of Botany*. 2002. 89(7). P. 917–924. doi: 10.1093/aob/mcf093
18. Hamlyn G.J. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *J. of Experimental Botany*. 2007. 58(2). P. 119–130. doi: 10.1093/jxb/erl118
19. Baigy M., Sahebi F., Pourkhiz I. Effect of deficit-irrigation management on components and yield of sugar beet. *International j. of Agronomy and Plant Production*. 2012. 3. P. 781–787.
20. Конищук В.В., Єгорова Т.М. Агро-екологічне районування України. *Агро-екологічний журнал*. 2018. 4. С. 6–22.
21. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Спецвипуск до VI з'їзду УТГА. 2002. Кн. 1. С. 129–138.
22. Демиденко О.В., Величко В.А. Управління фаціальним гумусонакопиченням чорноземів в агроценозах Лісостепу і Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2013. 4. С. 54–59.
23. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. Київ: Аграрна наука, 2005. 300 с.