

УДК 633.854.78:631.5:551.583(477.54)

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-214>

І.І. Ткаченко, аспірант

М.В. Швиденко, канд. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті розглянуто вплив кліматичних змін на врожайність гібридів соняшника в умовах Лісостепової зони Харківської області протягом 2022–2025 рр. Метою дослідження було встановлення взаємозв'язку між агрокліматичними показниками — сумою опадів, сумою активних температур (вище 10 °C) та гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) — і врожайністю п'яти гібридів соняшника: СІ “Честер”, П64ЛП129, СІ “Ласкала”, НК “Конді” та П64ЛП130. Дослідження проводилися у господарстві Берестинського району, де умови вегетації соняшника протягом аналізованого періоду характеризувалися різким контрастом за температурним і вологісним режимом.

За результатами аналізу встановлено тенденцію до зростання температурного фону та зменшення кількості опадів упродовж 2022–2025 рр., що підтверджується зниженням гідротермічного коефіцієнта від 1,1 до 0,4. Такі зміни свідчать про поступове посилення аридизації клімату в регіоні. Урожайність соняшника у середньому зменшилася з 3,6 т/га (2022 р.) до 2,4 т/га (2025 р.), що корелює з погіршенням умов зволоження. Найвищі показники стабільності врожайності спостерігалися у гібридів НК “Конді” та П64ЛП130, що свідчить про їх кращу адаптованість до підвищених температур і дефіциту вологи.

Кореляційний аналіз показав тісний прямий зв'язок між кількістю опадів та врожайністю гібридів ($r = 0,87-0,99$) і негативний зв'язок між сумою активних температур і врожайністю ($r = -0,68$ до $-0,89$). Найбільшу чутливість до коливань кліматичних факторів виявили гібриди СІ “Честер” і СІ “Ласкала”, тоді як гібрид П64ЛП130, вирощуваний за технологією “*Clearfield*” у 2024–2025 рр., показав слабку кореляцію з кліматичними показниками, що може свідчити про більшу стабільність та потенційну стійкість до екстремальних погодних умов.

Отримані результати підтверджують, що у сучасних кліматичних умовах доцільним є використання посухостійких гібридів та адаптивних технологій вирощування, спрямованих на максимальне збереження ґрунтової вологи. З огляду на зростання вартості насіння соняшника (з 13,6 до 26,8 тис. грн/т у 2022–2025 рр.) актуальним є також питання економічної ефективності вибору гібридів та технологій, які забезпечують стабільну врожайність за умов кліматичних ризиків.

Проведені дослідження поглиблюють розуміння адаптаційного потенціалу сучасних гібридів соняшника у Лісостепу України та можуть бути використані для оптимізації структури посівів і прогнозування урожайності з урахуванням тенденцій кліматичних змін.

Ключові слова: соняшник, гібриди, врожайність, агрокліматичні показники, кліматичні зміни, лісостепова зона.

Вступ. Останні десятиліття характеризуються посиленням кліматичних змін, які істотно впливають на аграрне виробництво, особливо у зонах із високою частотою посушливих періодів. Лісостепова зона Харківської області, що є одним із провідних регіонів вирощування соняшника в Україні, зазнає помітних змін у температурному режимі та кількості опадів, що безпосередньо відображається на формуванні врожайності цієї культури [2].

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є стратегічною олійною культурою [16], яка забезпечує як внутрішні потреби країни, так і експортний потенціал аграрного сектору. Проте ефективність його вирощування значною мірою залежить від адаптаційних властивостей гібридів до змін клімату — підвищення середньодобових температур, зростання дефіциту вологи, зсуву фаз вегетації. Саме тому вивчення реакції різних гібридів соняшника на сучасні кліматичні умови має важливе практичне значення для оптимізації сортової політики та підвищення стабільності виробництва.

Дослідження впливу кліматичних чинників на урожайність гібридів соняшника у лісостеповій зоні Харківщини дозволяє виявити найбільш адаптовані форми, визначити закономірності зміни продуктивності залежно від погодних умов і розробити рекомендації щодо вибору сортів та агротехнологій для забезпечення стабільних урожаїв у майбутніх кліматичних сценаріях [13, 14].

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися в лісостеповій зоні Харківської області на базі сільськогосподарських підприємств Берестинського району у період 2022–2025 років.

Об'єктом дослідження були гібриди соняшника: СІ “Честер” [9], П64ЛЛ129 [6], НК “Конді” [5], СІ “Ласкала” [8] та П64ЛП130 [7]. Гібриди вирощували за класичною агротехнікою [12] (універсальна система підготовки ґрунту, сівба у рекомендовані строки, стандартні норми добрив та захисту) протягом 2022–2025 рр.; винятком став гібрид П64ЛП130, який у 2024–2025 рр. вирощували за технологією “*Clearfield*” (стійкі до імідазолінонів гібриди з можливістю післясходового застосування специфічних гербіцидів) [3].

Для встановлення впливу кліматичних показників на урожайність гібридів соняшника [19] за відкритими даними Берестинської метеостанції [15] розраховувалися суми опадів, суми активних температур та гідротермічний коефіцієнт зволоження по місяцях і на період вегетації гібридів соняшника [20].

Статистична обробка даних включала описову статистику (середнє, стандартне відхилення), кореляційно-регресійний аналіз для встановлення зв'язків між врожайністю та агрокліматичними показниками (суми опадів, суми активних температур, ГТК).

Усі кроки обробки даних (передобробка метео-рядів, агрегування за місяцями й періодом вегетації, розрахунок сум і коефіцієнтів, побудова статистичних моделей) виконувалися стандартними математичними методами.

Результати досліджень та їх обговорення. Спостереження за кліматичними змінами останніми роками вказують на їх тривалий характер. Так у лісостеповій зоні Харківської області за останні 45 років середньорічна температура у середньому зросла на 3°C (з 7,0°C до 10,0°C), а кількість опадів знизилася на 91,3 мм (з 656,5 мм до 565,2 мм) [1].

Упродовж усіх років досліджень (рис. 1) спостерігалась типова сезонна закономірність підвищення температури від квітня до липня та поступового її зниження у серпні–вересні. У 2022 і 2023 роках вегетаційний сезон починався пізніше у порівнянні з двома наступними роками.

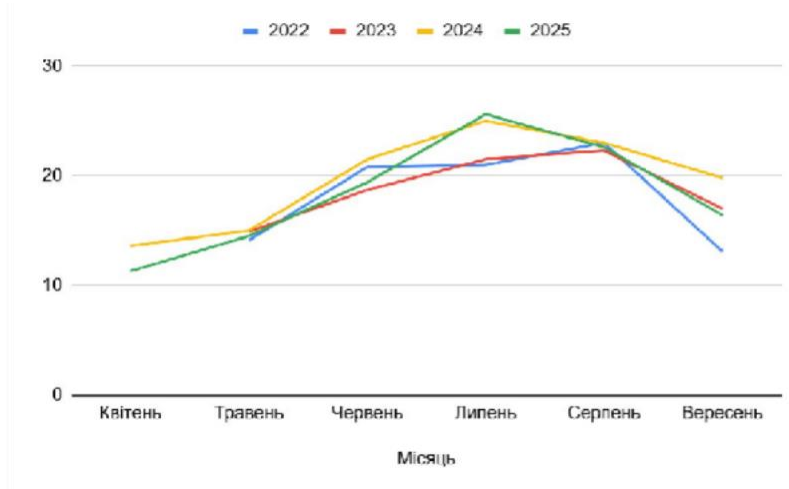


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря (°C) протягом вегетаційного періода соняшника у 2022-2025 роках

2022 та 2023 роки мали помірний температурний режим — коливання температури не були різкими, а середні показники в літні місяці становили близько 22–24°C. Максимальне підвищення

температури в ці роки припадало на серпень місяць. Натомість у 2024 і 2025 роках відбулося зміщення максимальних температур на липень, де у 2025 році середньомісячна температура перевищувала середні багаторічні значення, досягаючи пікових 27°C. 2024 рік також характеризувався підвищеним температурним фоном, особливо в червні, що свідчило про тенденцію до посушливого літа.

У вересні у всі роки відмічалось суттєве зниження температури (до 13–19°C), що збігається з періодом завершення вегетації соняшника. Таким чином впродовж 2022–2025 рр. спостерігалась тенденція до поступового підвищення температурного фону, що відображає вплив сучасних кліматичних змін і може позначатися на продуктивності різних гібридів соняшника [4].

Розподіл опадів за роками досліджень (рис. 2) свідчить про значну мінливість атмосферного зволоження у різні роки. Найбільш вологим був 2022 рік, для якого характерні високі показники у серпні (понад 60 мм) і особливо у вересні — понад 90 мм, що суттєво перевищує середні багаторічні значення. Це могло сприяти кращим умовам досягання соняшника, але ускладнювати збирання врожаю.

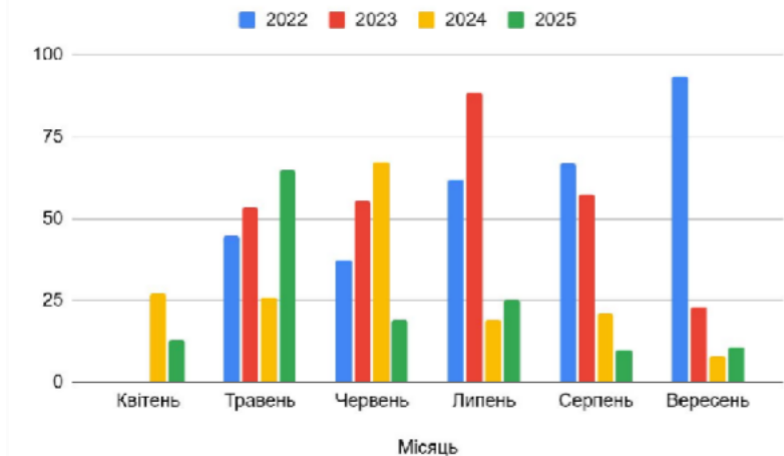


Рис. 2. Щомісячна кількість опадів (мм) протягом вегетаційного періода соняшника у 2022-2025 роках

2023 рік також відзначався підвищеною кількістю опадів, зокрема у червні–липні (понад 50–80 мм), що створювало сприятливі умови для росту і наливу насіння. Натомість 2024 і 2025 роки характеризувалися посушливішими умовами, особливо в липні–серпні, коли кількість опадів не перевищувала 20–25 мм. У 2024 році максимум зволоження

припав на червень (понад 60 мм), тоді як у 2025 році найбільша кількість опадів спостерігалась у травні (близько 65 мм).

Загалом, спостерігалась спрямованість до нерівномірного розподілу опадів протягом сезону, із тенденцією до зниження їхньої кількості у другій половині вегетаційного періоду в останні роки досліджень.

Ще більш наочно демонструють кліматичні зміни показники: кількість опадів, сума активних температур і гідротермічний коефіцієнт зволоження Селянінова (ГТК) (табл.1).

1. Агрокліматичні показники за період вегетації соняшника (квітень-вересень)

Показник	Роки			
	2022	2023	2024	2025
Сума опадів, мм	305	278	168	143
Сума активних температур, °С	2818	2891	3600	3357
ГТК	1,1	1,0	0,5	0,4

Представлені дані свідчать про суттєві відмінності агрокліматичних умов уроadowж 2022–2025 років, що безпосередньо вплинуло на ріст, розвиток і врожайність гібридів соняшника.

У 2022–2023 роках умови можна охарактеризувати як помірно сприятливі для культури. Сума опадів становила 305 та 278 мм відповідно, що забезпечувало відносно достатнє зволоження вегетаційного періоду. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) — 1,1 у 2022 р. та 1,0 у 2023 р. — відповідала межі між оптимальними й помірно посушливими умовами, що загалом сприяло формуванню врожаю соняшника.

Натомість 2024 і 2025 роки характеризувалися значним дефіцитом вологи: сума опадів знизилася до 168 і 143 мм, при цьому сума активних температур зросла до 3600 і 3357 °С. Високі температури поєднуючись з нестачею опадів, зумовили різке зменшення ГТК до 0,5 та 0,4 — показників, типових для сильних і дуже сильних посух. Такі умови створювали стресові умови для рослин, особливо у фазах цвітіння та наливу насіння, що призвело до зниження врожайності, особливо в гібридів із нижчою посухостійкістю (табл. 2).

У 2022 році середня врожайність становила 3,6 т/га, що відображає сприятливі умови вегетації з достатньою кількістю опадів (ГТК = 1,1). Найвищу продуктивність показали гібриди СІ “Честер” (3,8 т/га) та НК “Конді” (3,7 т/га), що свідчить про їхню високу стабільність у помірно

зволожених умовах. У 2023 році спостерігалось зниження середнього рівня урожайності до 3,0 т/га, зокрема через меншу кількість опадів (ГТК = 1,0), хоча окремі гібриди, такі як НК “Конді” (3,3 т/га), залишалися порівняно врожайними.

2. Урожайність гібридів соняшника залежно від технології вирощування і середня ціна насіння соняшника у 2022-2025 рр.

Назва гібрида (фактор А)	Технологія вирощування	Роки (фактор В)				Середнє
		2022	2023	2024	2025	
СІ “Честер”	Класична	3,8	3,1	2,3	2,1	2,8
П64ЛЛ129	Класична	3,5	3,1	2,8	2,1	2,9
СІ “Ласкала”	Класична	3,4	3,0	2,4	2,1	2,7
НК “Конді”	Класична	3,7	3,3	3,2	2,8	3,3
П64ЛП130	Класична/ <i>Clearfield</i> *	3,5	2,7	3,6*	3,0*	3,2
Середнє (НСР05 А і В = 0,5)		3,6	3,0	2,9	2,4	3,0
Середня ціна насіння, тис. грн/т		13,6	15,0	24,1	26,8	

Роки 2024–2025 були найпосушливішими (ГТК відповідно 0,5 і 0,4), що спричинило різке зменшення врожайності до 2,9 та 2,4 т/га. Найбільше зниження відзначено у гібридів, вирощених за класичною технологією (СІ “Честер”, СІ “Ласкала”, П64ЛЛ129), урожайність яких у 2025 році не перевищувала 2,1–2,3 т/га. Водночас гібрид П64ЛП130, вирощуваний за технологією “*Clearfield*” [17] у 2024–2025 роках, продемонстрував відносно вищу стійкість до посухи (3,6 та 3,0 т/га відповідно), що підтверджує ефективність поєднання генетичної адаптованості з сучасною технологією вирощування.

Загальна тенденція показує, що середній рівень урожайності соняшника знизився з 3,6 т/га у 2022 році до 2,4 т/га у 2025 році, тобто на 33 % [18]. Натомість середня ціна насіння зросла з 13,6 тис. грн/т у 2022 р. до 26,8 тис. грн/т у 2025 р., тобто майже вдвічі, що пояснюється зменшенням пропозиції продукції через несприятливі агрокліматичні умови.

Таким чином, результати підтверджують тісний зв’язок між кліматичними чинниками та економічними показниками виробництва соняшника. В умовах посилення посушливості регіону найбільш перспективними виявляються гібриди з підвищеною посухостійкістю та технології типу “*Clearfield*”, які забезпечують стабільнішу врожайність за кліматичних стресів і можуть частково компенсувати економічні втрати господарств.

Аналіз даних таблиці 3 свідчить про наявність тісного кореляційного зв'язку між урожайністю більшості гібридів соняшника та агрокліматичними показниками за період 2022–2025 років. Виявлені коефіцієнти кореляції дозволяють оцінити, які фактори мали найбільший вплив на формування продуктивності різних груп стиглості.

3. Кореляційний зв'язок між урожайністю гібридів соняшника і агрокліматичними показниками

Назва гібрида	Група стиглості	Агрокліматичні показники		
		Σопадів, мм	Σакт. t °C	ГТК
СІ “Честер”	Рання	0,97	-0,89	0,97
П64ЛЛ129	Середньорання	0,92	-0,70	0,89
СІ “Ласкала”	Середня	0,99	-0,87	0,98
НК “Конді”	Середня	0,90	-0,68	0,87
П64ЛП130	Середня	-0,06	0,33	-0,10

Для гібридів СІ “Честер”, П64ЛЛ129, СІ “Ласкала” та НК “Конді” спостерігається сильний позитивний зв'язок урожайності із сумою опадів ($r = 0,90\text{--}0,99$) і гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) ($r = 0,87\text{--}0,98$). Це свідчить, що забезпечення вологою є головним лімітуючим фактором у формуванні врожайності соняшника в лісостеповій зоні Харківської області. За умов зменшення кількості опадів або низького ГТК урожайність суттєво знижується.

Водночас для цих самих гібридів виявлено сильний негативний кореляційний зв'язок із сумою активних температур ($r = -0,68\text{--}-0,89$). Це означає, що надмірне підвищення температурного режиму (особливо у поєднанні з дефіцитом води) негативно позначалося на рості, розвитку та наливі насіння, тобто високі температури вегетаційного періоду діяли як стресовий чинник.

На відміну від інших, гібрид П64ЛП130, який вирощувався частково за технологією “*Clearfield*”, не показав вираженого зв'язку між урожайністю та кліматичними факторами ($r = -0,06$ для опадів, $r = -0,10$ для ГТК, $r = 0,33$ для температур). Це може свідчити про його вищу адаптивність і стабільність урожайності, незалежно від коливань погодних умов, що підтверджується і результатами попередньої таблиці (вища продуктивність у посушливі роки 2024–2025 рр.).

Отже, більшість гібридів соняшника у досліді мали високу залежність урожайності від водозабезпечення [10], тоді як гібриди,

виросли за технологією “*Clearfield*”, демонстрували підвищену посухостійкість і екологічну пластичність. Ці результати мають важливе практичне значення для вибору гібридів (сортів) [11] і технологій у контексті триваючих кліматичних змін у лісостеповій зоні Харківської області.

Висновки. Кліматичні умови лісостепової зони Харківської області у 2022–2025 рр. характеризувалися тенденцією до потепління і зменшення кількості опадів. За цей період сума опадів у вегетаційний період соняшника знизилася з 305 мм у 2022 р. до 143 мм у 2025 р., тоді як сума активних температур зросла з 2818 °С до понад 3300 °С. Гідротермічний коефіцієнт зменшився з 1,1 до 0,4, що свідчить про посилення проявів посушливості клімату.

Рівень урожайності гібридів соняшника істотно залежав від погодних умов року. Найвищу середню урожайність (3,6 т/га) отримано у 2022 році за сприятливих кліматичних умов, тоді як у 2025 році вона знизилася до 2,4 т/га через дефіцит вологи і високі температури. Найбільш продуктивними і стабільними виявилися гібриди НК “Конді” та П64ЛП130. Гібрид НК “Конді” показав відносно стабільні результати в усі роки досліджень (3,7–2,8 т/га), а П64ЛП130, вирощуваний за технологією “*Clearfield*”, зберіг вищу врожайність у посушливі роки (3,6–3,0 т/га), що свідчить про його високу адаптивність

Між урожайністю та агрокліматичними показниками встановлено тісний кореляційний зв’язок. Для більшості досліджуваних гібридів спостерігається сильна позитивна кореляція урожайності з кількістю опадів ($r = 0,90\text{--}0,99$) і ГТК ($r = 0,87\text{--}0,98$) та негативна — із сумою активних температур ($r = -0,68\text{--}0,89$). Це підтверджує вирішальну роль водозабезпечення у формуванні врожайності соняшника.

Гібрид П64ЛП130 вирізняється підвищеною екологічною пластичністю. Його урожайність слабо корелювала з кліматичними чинниками ($r = -0,06\text{--}0,33$), що свідчить про здатність підтримувати стабільну продуктивність за різних умов зволоження й температурного режиму.

Для стабілізації виробництва соняшника в умовах кліматичних змін доцільно впроваджувати адаптивні технології вирощування. Зокрема, використання гібридів із підвищеною посухостійкістю, систем збереження ґрунтової вологи (мінімальний обробіток, мульчування), а також технологій типу “*Clearfield*”, які забезпечують ефективний контроль бур’янів і меншу конкуренцію за вологу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойченко С., Волощук В., Мовчан Ю., Сердюченко Н., Ткаченко В., Тищенко О., Савченко С. Особливості зміни клімату в Україні: сценарії, наслідки для природи та агроєкосистем. *Праці*

Національного авіаційного університету. 2016. № 69(4). С. 96–113. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>

2. Жигайло О. Л., Вольвач О. В., Толмачова А. В., Костюкевич Т. К. Вплив зміни клімату на врожайність соняшнику в північному Степу України: аналіз та прогноз. *Науковий прогрес та інновації*. 2021. № 1. С. 180–186. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22>

3. Жуйков О. Г., Середюк В. Ю. Технологія вирощування соняшника Clearfield® – світова історія та вітчизняний досвід. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.10>

4. Корнійчук О. В. Глобалізація кліматичних змін в агроценозах центрального правобережного Лісостепу. *Корми та кормовиробництво*. 2019. № 87. С. 127–131. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-19>

5. НК «Конді». URL: <https://agro-liga.com/catalog-produkcii/podsolnechnik-nk-kondi/>

6. П64ЛЛ129. URL: <https://cropagro.com.ua/p64ll129>

7. П64ЛП130. URL: <https://transagro.com.ua/product/semena-podsolnechnika-pioner-p64lp130-pod-evrolajting-pljus-p64lp130-2/>

8. СІ «Ласкала». URL: <https://agro-trade.com.ua/semena-podsolnechnika-ci-laskala.html>

9. СІ «Честер». URL: <https://www.syngenta.ua/product/seed/si-chester>

10. Тищенко А. В., Степанов С. С., Тищенко О. Д., Коновалова В. М., Очкала О. С. Реакція гібридів соняшника ранньої групи стиглості на дефіцит вологи в умовах Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 162–174. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.25>

11. Casadebaig P., Trépos R., Picheny V., Langlade N., Vincourt P., Debaeke P. Increased genetic diversity improves crop yield stability under climate variability: A computational study on sunflower. *Quantitative Biology. Populations and Evolution (q-bio.PE)*. 2014. arXiv preprint. URL: <https://arxiv.org/abs/1403.2825>

12. Drobotko A., Panfilova A., Markova N., Horbunov M., Roubík H. Formation of sunflower hybrid productivity by resource saving cultivation technologies in southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28(3). P. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09>

13. Maria D., Boian I., Domenco R. The impact of droughts on sunflower production in the Republic of Moldova. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022. Vol. 50(4). Article 13040. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha50413040>

14. Melnyk A., Akuaku J., Makarchuk A. State and prospects of sunflower production in Ukraine. *AGROFOR International Journal*. 2017. Vol. 2(3). P. 116–122. DOI: <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M>
15. Meteoblue. Історія та клімат. URL: https://www.meteoblue.com/uk/climate-change/berestyn_ukraine_704388
16. Petrenko V., Topalov A., Khudolii L., Honcharuk Y., Bondar V. Profiling and geographical distribution of seed oil content and other traits in sunflower in Ukraine. *Oil Crop Science*. 2023. Vol. 8(2). P. 111–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.05.002>
17. Pfenning M., Palfay G., Guillet T. The CLEARFIELD® technology – A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection (New Series–21)*. 2008. URL: <https://www.researchgate.net/publication/236172130>
18. UkrAgroConsult. Рубрика «Sunseed/Oil prices» (архів та щотижневі огляди). URL: <https://ukragroconsult.com/en/sunflower-prices/>
19. Zhygailo T., Zhygailo O., Akramova Z. Assessing the impact of climate change on sunflower yields using mathematical modeling. *BIO Web of Conferences. International Conference “Mountains: Biodiversity, Landscapes and Cultures (MBLC-2024)”*. 2025. Vol. 151. Article 01006. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515101006>
20. Zymarioieva A., Zhukov O., Fedoniuk T., Pinkina T., Vlasiuk V. Edaphoclimatic factors determining sunflower yields spatiotemporal dynamics in northern Ukraine. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids (OCL)*. 2021. Vol. 28. Article 26. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2021013>

REFERENCES

1. Boychenko, S., Voloshchuk, V., Movchan, Y., Serdyuchenko, N., Tkachenko, V., Tishchenko, O., & Savchenko, S. (2016). Features of climate change in Ukraine: Scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University*, 69(4), 96–113. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>
2. Casadebaig, P., Trépos, R., Picheny, V., Langlade, N., Vincourt, P., & Debaeke, P. (2014). Increased genetic diversity improves yield stability under climate variability: A computational study using sunflower as an example. *Quantitative Biology: Populations and Evolution (q-bio.PE)*. arXiv Preprint. <https://arxiv.org/abs/1403.2825>
3. Drobotko, A., Panfilova, A., Markova, N., Horbunov, M., & Roubik, H. (2024). Formation of sunflower hybrid productivity by resource-saving cultivation technologies in southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(3), 9–18. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09>
4. Kornichuk, O. V. (2019). Globalization of climate change in agrocenoses of the central right-bank forest-steppe. *Feed and Feed*

- Production, 87, 127–131.
<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-19>
5. Maria, D., Boian, I., & Domenco, R. (2022). The impact of droughts on sunflower production in the Republic of Moldova. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(4), 13040. <https://doi.org/10.15835/nbha50413040>
 6. Melnyk, A., Akuaku, J., & Makarchuk, A. (2017). State and prospects of sunflower production in Ukraine. *AGROFOR International Journal*, 2(3), 116–122. <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M>
 7. Meteoblue. (n.d.). History and climate: Berestyn, Ukraine. Retrieved October 2025, from https://www.meteoblue.com/uk/climate-change/berestyn_ukraine_704388
 8. NK Kondi. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://agroliga.com/catalog-produkcii/podsolnechnik-nk-kondi/>
 9. P64LL129. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://cropagro.com.ua/p64ll129>
 10. P64LP130. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://transagro.com.ua/product/semena-podsolnechnika-pioner-p64lp130-pod-evrolajting-pljus-p64lp130-2/>
 11. Petrenko, V., Topalov, A., Khudolii, L., Honcharuk, Y., & Bondar, V. (2023). Profiling and geographical distribution of seed oil content and other traits in sunflower in Ukraine. *Oil Crop Science*, 8(2), 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.05.002>
 12. Pfenning, M., Palfay, G., & Guillet, T. (2008). The CLEARFIELD® technology – A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection, New Series*–21. <https://www.researchgate.net/publication/236172130>
 13. SI Chester. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://www.syngenta.ua/product/seed/si-chester>
 14. SI Lascala. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://agrotrade.com.ua/semena-podsolnechnika-ci-laskala.html>
 15. Tishchenko, A. V., Stepanov, S. S., Tishchenko, O. D., Konovalova, V. M., & Ochkala, O. S. (2023). Reaction of early maturity sunflower hybrids to moisture deficiency in the steppe conditions of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 22, 162–174. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.25>
 16. UkrAgroConsult. (n.d.). Prices for sunflower seeds/oil (archives and weekly reviews). Retrieved October 2025, from <https://ukragroconsult.com/en/sunflower-prices/>
 17. Zhigailo, O. L., Volvach, O. V., Tolmacheva, A. V., & Kostyukevich, T. K. (2021). The impact of climate change on sunflower yields

in the northern steppes of Ukraine: Analysis and forecast. *Scientific Progress and Innovation*, 1, 180–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22>

18. Zhuykov, O. G., & Seredyuk, V. Y. (2024). Clearfield® sunflower cultivation technology – Global history and domestic experience. *Agrarian Innovations*, 23, 68–74. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.23.10>

19. Zhygailo, T., Zhygailo, O., & Akramova, Z. (2025). Assessing the impact of climate change on sunflower yields using mathematical modeling. *BIO Web of Conferences: International Conference “Mountains: Biodiversity, Landscapes and Cultures (MBLC-2024)”*, 151, 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515101006>

20. Zymarioieva, A., Zhukov, O., Fedoniuk, T., Pinkina, T., & Vlasniuk, V. (2021). Edaphoclimatic factors determining sunflower yields spatiotemporal dynamics in northern Ukraine. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids (OCL)*, 28, 26. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021013>

I.I. Tkachenko, PhD student

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

M.V. Shvydenko, candidate of agricultural sciences, dotsent

State biotechnological university, Kharkiv, Ukraine

The impact of climate change on the yield of sunflower hybrids in the forest-steppe zone of the kharkiv region

Abstract. The article considers the impact of climate change on the yield of sunflower hybrids in the forest-steppe zone of the Kharkiv region during 2022–2025. The aim of the study was to establish the relationship between agroclimatic indicators — total precipitation, total active temperatures (above 10 °C), and the hydrothermal coefficient (HTC) — and the yield of five sunflower hybrids: SI “Chester,” P64LL129, SI “Lascala,” NK “Kondi,” and P64LP130. The research was conducted on farms in the Berestynsky district, where the conditions for sunflower vegetation during the analyzed period were characterized by a sharp contrast in temperature and humidity.

The analysis revealed a trend toward rising temperatures and decreasing precipitation during 2022–2025, which is confirmed by a decrease in the hydrothermal coefficient from 1.1 to 0.4. These changes indicate a gradual increase in aridization of the climate in the region. Sunflower yields decreased on average from 3.6 t/ha (2022) to 2.4 t/ha (2025), which correlates with the deterioration of moisture conditions. The highest yield stability indicators were observed in the NK Kondi and P64LP130 hybrids, which indicates their better adaptation to higher temperatures and moisture deficiency.

Correlation analysis showed a close direct relationship between precipitation and hybrid yield ($r = 0.87–0.99$) and a negative relationship between the sum of active temperatures and yield ($r = -0.68$ to -0.89). The hybrids SI “Chester” and SI “Lascala” showed the greatest sensitivity to climatic fluctuations, while the P64LP130 hybrid, grown using Clearfield technology in 2024–2025, showed a weak correlation with climatic indicators, which may indicate greater stability and potential resistance to extreme weather conditions.

The results confirm that in modern climatic conditions, it is advisable to use drought-resistant hybrids and adaptive cultivation technologies aimed at maximizing soil moisture conservation. Given the increase in the cost of sunflower seeds (from 13.6 to 26.8 thousand UAH/t in 2022–2025), the issue of economic efficiency in the selection of hybrids and technologies that ensure stable yields under climatic risks is also relevant.

The research conducted deepens the understanding of the adaptive potential of modern sunflower hybrids in the Forest-Steppe zone of Ukraine and can be used to optimize crop structure and predict yields, taking into account climate change trends.

Keywords: sunflower, hybrids, yield, agroclimatic indicators, climate change, forest-steppe zone.

УДК 633.15:631.559:631.95

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-226>

А. Науменко, аспірант

В. Коваленко, д-р с.-г. наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна

ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ КОМПЛЕКСНИХ АНТИСТРЕСОВИХ ЗАХОДІВ

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур світу, продуктивність якої в останні роки істотно знижується під впливом абіотичних і біотичних стресів. У зв'язку із цим, оптимізація технологій вирощування з використанням біологічних і біодинамічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту розглядається як перспективний шлях підвищення стійкості культури. Метою роботи було оцінити ефективність інтегрованих антистресових технологій у формуванні продуктивності кукурудзи. Дослідження проведено в польових умовах за схемою з трьома варіантами комплексних листових обробок біопрепаратами на основі *Trichoderma spp.* та *Pseudomonas spp.*, поліфункціональними стимуляторами росту і біодинамічними препаратами. Обліковували фізіолого-біохімічні параметри розвитку рослин, морфологічні показники качанів і врожайність. Установлено, що застосування біологічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту забезпечує підвищення довжини качанів на 1,0 см, маси качанів на 38–46 г, кількості зерен на 47–49 шт. і маси 1000 зерен на 13–20 г порівняно з контролем. Так, у 2023–2025 рр. приріст врожайності склав 12,9–14,9 %, причому найбільш виражений ефект спостерігався за комплексного використання біопрепаратів, стимуляторів росту та біодинамічних засобів. Практична цінність роботи полягає у доведенні доцільності впровадження інтегрованих антистресових систем у технологію вирощування кукурудзи, що дозволяє підвищити її продуктивність і стабільність урожаю в умовах глобальних кліматичних змін.

Ключові слова: біологічні препарати, стимулятори росту, антистресові технології, біодинамічні засоби, продуктивність кукурудзи, адаптація до стресу.

Вступ. Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до провідних зернових культур світу, однак її продуктивність істотно обмежується впливом