


АГРОНОМІЯ

УДК 635.21:631.559:581.5(477.41)

Екологічна чутливість формування врожайності картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умовПисаренко Н.В.¹ , Захарчук Н.А.² , Олійник Т.М.² ¹ Поліське дослідне відділення ІК НААН України² Інститут картоплярства НААН України E-mail: vs_potato@meta.ua

Писаренко Н.В., Захарчук Н.А., Олійник Т.М. Екологічна чутливість формування врожайності картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умов. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 119–129.

Pysarenko N., Zakharchuk N., Oliinyk T. The environmental sensitivity of potato yield formation in different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 119–129.

Рукопис отримано: 03.03.2026 р.

Прийнято: 18.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-119-129

ISSN 2310-9270

Досліджено особливості формування врожайності 72 генотипів картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умов 2022–2025 рр. у зоні Житомирського Полісся. Обліки проводили на 65-ту (Т1), 80-ту (Т2) добу від садіння та за кінцевого збирання (Т3). Встановлено істотну варіабельність темпів накопичення врожаю за роками. У сприятливі 2022 та 2025 рр. швидкість формування врожаю в період Т1–Т2 становила 0,40–0,51 т/га/добу, тимчасом у 2023 р. знизилася на 43–58 % ($P < 0,001$). Найбільш критичною виявилася фаза Т2–Т3 (80–115-та доба), де в посушливому 2023 р. темпи накопичення зменшилися на 69–86 % порівняно з 2022 р. ($P < 0,001$). Кінцева врожайність у сприятливі роки становила 23–28 т/га, тимчасом у 2023 р. знизилася у 2,5–2,7 раза ($P < 0,001$). В 2024 р. за умов екстремальної посухи врожайність була на 20–28 % нижчою за рівень 2022 р. ($P < 0,001$), а міжгрупові відмінності нівелювалися ($P > 0,05$). Коефіцієнт варіації зростав до 39 % у стресові роки. Середньостиглі генотипи реалізували найвищий продуктивний потенціал у сприятливі роки (до 28,2 т/га в 2025 р., $P < 0,01$), однак характеризувалися більшою варіабельністю за посухи. Ранні форми мали нижчий максимум продуктивності, проте демонстрували відносно стабільнішу реакцію. Аналіз пластичності засвідчив зростання β -коефіцієнтів упродовж вегетації. На етапі Т1 всі групи характеризувалися стабільним типом реакції ($\beta < 1$). На момент основного збирання середньостиглі генотипи переходили до інтенсивного типу ($\beta = 1,04$), тимчасом ранні ($\beta = 0,81$) та середньоранні ($\beta = 0,91$) зберігали стабільний або середньопластичний тип адаптації. Встановлено сильні кореляційні зв'язки між продуктивністю та показниками водного і температурного режимів. Кінцева врожайність найтісніше пов'язана зі швидкістю накопичення в період Т2–Т3 ($r = 0,973$; $P < 0,001$), індексом вологості ґрунту GWET ($r = 0,912$; $P < 0,001$) та кількістю днів із $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,879$; $P < 0,001$). Побудована регресійна модель ($R^2 = 0,972$; $P < 0,0001$) показала, що кожне збільшення GWET на 0,1 підвищує врожайність на 1,8 т/га, тимчасом кожен додатковий день спеки знижує її на 0,48 т/га. Доведено, що визначальним періодом формування врожайності є фаза Т2–Т3, а ключовими лімітуючими чинниками – дефіцит доступної ґрунтової вологи та кількість днів із $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ у липні–серпні. Отримані результати можуть бути використані для прогнозування продуктивності генотипів картоплі за умов міжрічної кліматичної мінливості.

Ключові слова: картопля, селекційний матеріал, екологічна пластичність, динаміка накопичення врожаю, гідротермічний стрес, дефіцит вологи, $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, GWET, β -коефіцієнт, прогнозна модель, адаптивність, Житомирське Полісся.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є важливою продовольчою та економічною культурою в Україні, зокрема в Центральному Поліссі, де вона відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки [1, 2]. Однак продуктивність картоплі значною мірою обмежується посухостійкістю культури, оскільки вона характеризується порівняно поверхневою і малорозвинутою кореневою системою, що обмежує поглинання ґрунтової вологи за вододефіцитних умов і зумовлює зниження урожайності [3, 4]. Середній об'єм води, необхідний картоплі для реалізації потенціалу врожайності, значно варіює залежно від агрокліматичних умов, але часто перевищує 140–300 мм на вегетацію, тимчасом дефіцит вологи у літній період може знизити продуктивність до 50–70 % порівняно з оптимальними умовами вирощування [5].

Експериментальні дослідження підтверджують, що посуха є одним із головних факторів зниження врожаю картоплі, спричинюючи зміни у фазах розвитку рослини, затримку проростання, зменшення кількості та розміру бульб, погіршення якісних показників продукції [6–8]. У дослідях з різними рівнями дефіциту води відмічено, що зменшення поливу навіть на 20–40 % може призвести до зниження врожайності на 8,6–29,6 %, причому ступінь втрат залежить від етапу вирощування та генотипу [9]. Біофізіологічні механізми впливу на посуху включають закриття продихів, зниження водного потенціалу листків, пригнічення фотосинтезу та скорочення тривалості вегетації, що загалом зумовлює зменшення біомаси рослин і уповільнення ростових процесів [10–14]. Накопичення сухої речовини в бульбах за умов стресу є адаптивною реакцією, а не компенсаторним механізмом продуктивності [15].

Фазова чутливість до водного стресу розглядається в численних дослідженнях як критичний фактор варіації врожайності. Встановлено, що період бульбоутворення та інтенсивного наливу є найбільш вразливим до дефіциту вологи: генотипи з високою водною ефективністю (WUE) та зниженою водною насиченістю листків демонструють меншу втрату продуктивності порівняно із сортами з низькою WUE [16, 17]. Дослідження в умовах тропічного клімату засвідчили, що посуха порушує синхронність розвитку надземної та підземної частин рослин, що в результаті призводить до диспропорцій у розподілі асимілятів [8]. Аналіз польових серій в Україні

виявив генотипи з високою здатністю адаптуватися до посухи, зокрема сорти та гібриди, які демонструють стабільну врожайність за неоднорідних гідротермічних умов [18–21]. Морфофізіологічні дослідження показують, що диференційовані механізми водоспоживання, фотосинтетичного збереження та структури кореневої системи забезпечують толерантність генотипів, що підкреслює важливість включення таких показників у селекційні програми [22, 23].

Екологічна пластичність та адаптивність генотипів картоплі до мінливих умов середовища є предметом активних досліджень [24]. Класичні роботи з оцінки взаємодії «генотип × середовище» (G×E) базуються на регресійних методах, зокрема β -коефіцієнти Eberhart & Russell [25], що дозволяє класифікувати генотипи за типом реакції на зміну умов. Проте останні дослідження оцінюють пластичність лише за кінцевою врожайністю, хоча встановлено, що чутливість врожайності до водного дефіциту істотно залежить від фази розвитку рослин [26], яка може надати додаткову інформацію про критичні періоди формування продуктивності та механізми адаптації на різних етапах онтогенезу.

Кількісні зв'язки між гідротермічними факторами та продуктивністю традиційно оцінюють за допомогою агрометеорологічних індексів, зокрема гідротермічного коефіцієнта Селянінова. Проте такі підходи базуються переважно на даних наземних станцій і не завжди забезпечують достатню просторову репрезентативність, особливо в регіонах із розрідженою мережею спостережень. У цьому контексті дедалі більшого поширення набувають супутникові та реаналітичні продукти, зокрема індекс вологості ґрунту GWET у межах бази NASA POWER, які дозволяють інтегровано оцінювати температурний режим, опади та вологозабезпечення кореневої зони [27]. Показано, що модельовані дані NASA щодо вологості ґрунту можуть використовуватися як індикатори агрокліматичних ризиків, зокрема для оцінювання посухостійкості та прогнозування врожайності [28]. Водночас регіональні дослідження в Україні засвідчили, що нестабільні гідротермічні умови липня–серпня суттєво посилюють водний стрес і зумовлюють міжрічну варіабельність реакції генотипів різних груп стиглості [20, 29, 30]. Незважаючи на це, інтегровані регресійні моделі, які поєднували б фазові показники продуктивності з гідротермічними індексами (ГТК, GWET) та частотою теплових стресів ($T_{max} > 30$ °C), у сучасній літературі практично відсутні.

Невирішені наукові завдання включають: визначення специфічних критичних фаз вегетації картоплі, у яких посуха спричиняє максимальну втрату врожайності; кількісну оцінку генотипових відмінностей у структурних і функціональних механізмах адаптації до водного дефіциту в різні періоди розвитку; розробку регресійних моделей для прогнозування врожайності на основі поєднання фазових показників продуктивності (швидкість накопичення на етапах T1–T2, T2–T3) та агрометеорологічних індикаторів для різних груп стійкості; оцінку екологічної пластичності генотипів не лише за кінцевою врожайністю, а також за динамікою її формування, що дозволяє адаптувати стратегії на різних етапах онтогенезу.

Отже, актуальність дослідження обумовлена недостатністю комплексної оцінки фазової чутливості формування врожайності генотипів культури до гідротермічних факторів, розробки кількох моделей прогнозування продуктивності та ідентифікації селекційних критеріїв адаптивності для умов зростання кліматичної мінливості в зоні Полісся України. Новизна роботи полягає в інтеграційному аналізі динаміки накопичення врожаю на ключових етапах вегетації (T1–T2, T2–T3) з оцінкою екологічної пластичності за β -коефіцієнтом Eberhart & Russell та побудовою множинної регресійної моделі на основі сучасних агрометеорологічних індексів (ГТК, GWET, частота теплових стресів).

Мета дослідження – встановити закономірності формування врожайності генотипів картоплі різних груп стиглості на основі аналізу темпів накопичення врожаю на ключових етапах вегетації за контрастних гідротермічних умов, оцінити їх екологічну пластичність і розробити регресійну модель для прогнозування продуктивності залежно від агрометеорологічних факторів у зоні Житомирського Полісся.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання: 1. Охарактеризувати гідротермічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. за комплексом агрометеорологічних показників (ГТК, GWET, температурний режим, частота теплових стресів). 2. Визначити динаміку швидкості накопичення врожаю генотипів картоплі різних груп стиглості на етапах T1–T2 та T2–T3 за контрастних умов років і встановити критичні фази формування продуктивності. 3. Оцінити екологічну пластичність і тип реакції генотипів різних груп стиглості на зміну умов середовища за β -коефіцієнтом Eberhart & Russell. 4. Встановити кореляцій-

ні зв'язки між показниками продуктивності (темпи накопичення, кінцева врожайність) та агрометеорологічними факторами (ГТК, GWET, кількість днів із $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$). 5. Розробити регресійну модель для прогнозування врожайності картоплі на основі швидкості накопичення врожаю та гідротермічних умов критичного періоду вегетації.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проведено в 2022–2025 рр. у польовій сівозміні лабораторії селекції і насінництва Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН (с. Федорівка, Житомирська обл.).

Досліди закладено за схемою рандомізованих блоків у триразовому повторенні. Площа облікової ділянки – $10,5\text{ м}^2$ (2 рядки по 30 рослин; схема садіння $70 \times 25\text{ см}$). Агротехніка відповідає загальноприйнятій для умов Полісся України [31].

Предметом дослідження були 72 генотипи картоплі (24 ранньої, 24 середньоранньої та 24 середньостиглої груп стиглості), представлені сортами і перспективними гібридами селекції ПДВ та Інституту картоплярства НААН. Урожайність визначали на 65-ту (T1), 80-ту (T2) добу після садіння та за кінцевого збирання (115-та доба, T3) методом зважування бульб.

Ґрунти – дерново-підзолисті глинисто-піщані, з низьким умістом гумусу (0,77 %) і кислою реакцією ($\text{pH} < 4,7$), підвищеною водопроникністю та невисокою ємністю вбирання, що зумовлює високу залежність продуктивності від гідротермічних умов вегетаційного періоду.

Метеорологічні дані отримували з бази NASA POWER (реаналіз MERRA-2) з уточненням опадів за локальними спостереженнями [32]. В аналіз включено температуру повітря, суму опадів, гідротермічний коефіцієнт (ГТК), індекс вологості ґрунту (GWET), кількість днів із $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, T_{\min} та сумарну сонячну радіацію. ГТК розраховували за формулою Селянінова (Selyaninov, 1937). Індекс вологості ґрунту (GWET, Soil Wetness) отримували з реаналізу MERRA-2, що базується на Catchment Land Surface Model [33]. Сумарну сонячну радіацію оцінювали за градаціями енергозабезпеченості посівів [34].

Статистичний аналіз виконували в середовищі R (v. 4.3.2) з використанням пакетів *lme4*, *lmerTest* та *emmeans*. Для показників визначали M, SE, min–max та CV; нормальність і гомогенність дисперсій перевіряли тестами Шапіро–Вілка та Левена. Вплив факторів «група стиглості», «рік»

і «термін обліку» оцінювали за допомогою лінійної змішаної моделі (LMM), де генотип розглядали як випадковий ефект. Значущість ефектів визначали за апроксимацією Satterthwaite, порівняння середніх – за тестом Тьюкі ($P < 0,05$). Адаптивність і стабільність генотипів оцінювали за методом Eberhart & Russell (β_p, S^2d_i). Кореляційний аналіз проводили за коефіцієнтом Пірсона (r) із контролем мультиколінеарності ($|r| > 0,80$). Прогнозування врожайності здійснювали методом множинної лінійної регресії з відбором предикторів за AIC; адекватність моделі оцінювали за R^2 , скоригованим R^2 , F-критерієм і VIF.

Результати досліджень і обговорення. Агрометеорологічна характеристика вегетаційних періодів. Гідротермічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. суттєво різнилися за температурним режимом, рівнем зволоження, тепловим навантаженням і радіаційним фоном, формуючи контрастні середовища для оцінки взаємодії «генотип × середовище» (табл. 1).

2022 рік – відносно збалансований. Вегетаційний період характеризувався помірним температурним режимом і рівномірним зволоженням: ГТК у травні–липні становив 0,75–1,20, сума опадів за травень–серпень – 222 мм (36–76 мм/міс.), GWET – 0,55–0,70. Кількість днів із $T_{\max} > 30$ °C була помірною (0–18/міс.), нічні температури у липні–серпні (14,5–17,1 °C) не обмежували накопичення врожаю. Загалом умови були сприятливими для реалізації потенціалу продуктивності.

2023 рік – наростаючий гідротермічний стрес. У другій половині вегетації посилювався водний дефіцит: ГТК знизився з 0,52–0,83 у травні–червні до 0,48–0,32 у липні–серпні. Кількість опадів у липні (32,5 мм) та серпні (23,5 мм) була у 2–3 рази меншою, ніж у 2022 р., GWET у серпні – 0,29. Частота теплового стресу зросла (до 25 днів із $T_{\max} > 30$ °C у серпні), нічна температура – до 18,4 °C. Поєднання дефіциту вологи та підвищеного теплового фону в період накопичення врожаю обмежувало збільшення врожаю та посилювало диференціацію генотипів.

Таблиця 1 – Основні агрометеорологічні показники вегетаційного періоду картоплі (травень–серпень, 2022–2025 рр.)

Рік	Місяць	T сер., °C	Σ опади (факт.), мм	ГТК	GWET	Σ T max>30 °C, днів	T min (ніч), °C	Радіація, MJ/m ² /d
2022	Травень	14,3	36,0	0,75	0,57	0	7,8	20,8
	Червень	20,1	57,0	0,90	0,55	8	13,2	24,3
	Липень	21,2	76,0	1,20	0,7	7	14,5	22,2
	Серпень	23,3	53,0	0,76	0,57	18	17,1	20,8
2023	Травень	15,1	24,0	0,52	0,52	1	8,2	23,5
	Червень	20,5	51,5	0,83	0,48	6	12,8	23,7
	Липень	22,8	32,5	0,48	0,37	12	15,6	24,0
	Серпень	24,2	23,5	0,32	0,29	25	18,4	21,7
2024	Травень	16,9	3,0	0,05	0,30	2	9,4	23,8
	Червень	21,8	46,5	0,74	0,39	13	14,8	24,0
	Липень	25,7	12,0	0,16	0,16	28	20,1	26,7
	Серпень	24,6	31,0	0,43	0,25	21	19,5	21,8
2025	Травень	15,8	85,5	1,68	0,64	0	10,1	21,8
	Червень	22,0	36,3	0,55	0,64	13	15,2	24,8
	Липень	25,0	101,5	1,39	0,54	23	18,1	25,4
	Серпень	23,5	13,5	0,19	0,58	16	17,5	20,6

Примітка: Σ – місячна сума/кількість за відповідний показник; ГТК – гідротермічний коефіцієнт (розрахований за формулою Селянінова); GWET – відносний індекс вологості ґрунту (NASA POWER); Інтерпретація GWET: >0,60 – оптимальна; 0,40–0,60 – задовільна; 0,25–0,40 – недостатня; <0,25 – критична. Опади (факт.) за даними локальної метеостанції.

2024 рік – екстремальна посуха і теплове навантаження. Найбільш контрастний рік: уже в травні – гостра посуха (3 мм опадів; ГТК 0,05; GWET 0,30). Критичні умови сформувалися в липні: температура 25,7 °С (на 4,5 °С вище, ніж у 2022 р.), 12 мм опадів, ГТК 0,16, GWET 0,16, 28 днів із $T_{max} > 30$ °С, радіація 26,7 МДж/м²/добу. Нічна температура 20,1 °С обмежувала відновлення фотосинтетичного апарату. У серпні, попри 31 мм опадів, зберігалися низький GWET (0,25) і висока частота теплових стресів (21 день > 30 °С). Отже, протягом критичного періоду формування врожаю діяли поєднані водний і тепловий стреси максимальної інтенсивності.

2025 рік – контрастне, частково компенсоване середовище. У травні та липні спостерігалось надмірне зволоження (85,5 і 101,5 мм; ГТК 1,68 і 1,39), що забезпечило GWET 0,54–0,64 у період бульбоутворення. У серпні відбувся різкий перехід до посухи (13,5 мм; ГТК 0,19) за наявності 16 днів із $T_{max} > 30$ °С, однак GWET залишався 0,58 завдяки попередньому накопиченню вологи. Умови сприяли відносно стабільному формуванню врожаю з тенденцією до прискореного дозрівання.

Динаміка формування врожайності генотипів картоплі. Темпи накопичення врожаю та кінцева продуктивність генотипів істотно варіювали залежно від гідротермічних умов року та групи стиглості (табл. 2). Аналіз динаміки формування врожаю на етапах T1–T2 (65–80-та доба) і T2–T3 (80–115-та доба) виявив диференційовану реакцію генотипів на зміну умов зволоження та температурного режиму.

Рання фаза бульбоутворення (T1–T2). У 2022 та 2025 рр. темпи накопичення становили 0,40–0,51 т/га/добу, з вищими значеннями у середньоранніх генотипів (0,49–0,51) порівняно з ранніми та середньостиглими (0,40–0,46). Достовірних відмінностей між цими роками не встановлено ($P > 0,05$). У 2023 р. темпи знизилися на 43–58 % порівняно з 2022 р. ($P < 0,001$), аналогічна тенденція спостерігалась у 2024 році. Водночас у 2024 р. показники T1–T2 перевищували рівень 2023 р., що пов'язано з кращим зволоженням у червні. Отже, на цьому етапі провідну роль відігравали погодні умови, тимчасом група стиглості модулювала інтенсивність раннього бульбоутворення.

Таблиця 2 – Швидкість накопичення врожаю та продуктивність генотипів картоплі різних груп стиглості за контрастних умов років (2022–2025 рр.)

Стиглість	Показники	2022	2023	2024	2025
Ранні	ΔY (T1–T2), т/га/добу	0,44±0,03	0,19±0,01	0,27±0,02	0,46±0,03
	ΔY (T2–T3), т/га/добу	0,22±0,02	0,03±0,01	0,11±0,01	0,23±0,01
	Урожайність (T3), т/га	23,6±1,23	8,8±0,47	18,8±1,18	23,2±0,90
	CV (T3), %	25	26	31	19
Середньоранні	ΔY (T1–T2), т/га/добу	0,51±0,02	0,25±0,01	0,29±0,02	0,49±0,04
	ΔY (T2–T3), т/га/добу	0,33±0,02	0,10±0,01	0,20±0,02	0,32±0,02
	Урожайність (T3), т/га	25,5±0,98	10,9±0,62	18,4±0,98	26,2±1,06
	CV (T3), %	19	28	26	20
Середньостиглі	ΔY (T1–T2), т/га/добу	0,40±0,03	0,17±0,01	0,31±0,03	0,50±0,03
	ΔY (T2→T3), т/га/добу	0,39±0,03	0,12±0,02	0,21±0,02	0,40±0,02
	Урожайність (T3), т/га	25,0±1,50	9,4±0,75	18,6±0,98	28,2±0,96
	CV (T3), %	25	39	26	14

Примітка: T1 – перше підкопування на 65-ту добу від садіння; T2 – друге підкопування на 80-ту добу від садіння; T3 – кінцеве збирання на 115-ту добу від садіння; ΔY (T1–T2) – швидкість накопичення врожаю в період від T1 до T2, розрахована як (Урожайність T2 – Урожайність T1) / 15 днів, т/га/добу; ΔY (T2–T3) – швидкість накопичення врожаю в період від T2 до T3, розрахована як (Урожайність T3 – Урожайність T2) / 35 днів, т/га/добу; Урожайність (T3) – кінцева врожайність бульб під час збирання, т/га; Показники ΔY та урожайності наведено у форматі $M \pm SE$, де M – середнє арифметичне, SE – стандартна похибка середнього; CV – коефіцієнт варіації кінцевої урожайності в межах групи стиглості, %. Достовірність різниць між роками оцінювали за допомогою лінійної змішаної моделі з апостеріорними порівняннями за методом Тьюкі; P-значення наведено в тексті. $HP_{0,05}$ не застосовували через нерівність дисперсій між роками та наявність повторних вимірювань.

Пізня фаза накопичення маси бульб (Т2–Т3). На етапі Т2–Т3 міжрічні відмінності були найбільш вираженими. У 2022 та 2025 рр. середньостиглі генотипи мали найвищі темпи (0,39–0,40 т/га/добу), що перевищувало показники ранніх (0,22–0,23) і середньоранніх (0,32–0,33) форм ($P < 0,01$). У 2023 р. швидкість зменшилася на 69–86 % порівняно з 2022 роком ($P < 0,001$), з максимальним зниженням у ранніх генотипів. У 2024 р. темпи були в 2,0–2,4 рази нижчими за рівень 2022 р., але перевищували показники 2023 р. ($P \leq 0,002$). Часткове покращення зволоження в серпні 2024 р. сприяло частковій компенсації ростових процесів у генотипів із довшою вегетацією, однак дефіцит вологи в липні обмежив їх продуктивність. Отримані результати підтверджують визначальну роль умов липня–серпня у формуванні продуктивності на завершальному етапі вегетації.

Кінцева врожайність та варіабельність. У 2022 та 2025 рр. урожайність становила 23–28 т/га з перевагою середньостиглих генотипів ($P < 0,01$ у 2025 р.). У 2023 р. продуктивність знизилася у 2,5–2,7 рази ($P < 0,001$), що відповідало уповільненню темпів Т2–Т3. У 2024 р. відбулося часткове відновлення, однак урожайність залишалася на 20–28 % нижчою за рівень 2022 року ($P < 0,001$); міжгрупові відмінності були недостовірними ($P > 0,05$). Коефіцієнт варіації зростав у посушливі роки з 17–25 до 26–39 %, із максимальними значеннями у середньостиглих генотипів, тимчасом ранні форми характеризувалися нижчою варіабельністю (26–31 %).

Отже, критичним періодом формування врожайності є фаза Т2–Т3, де зниження темпів у посушливі роки (69–86 %) перевищувало показники етапу Т1–Т2 (43–58 %). Середньостиглі генотипи забезпечували

вищу продуктивність у сприятливі роки, але характеризувалися більшою варіабельністю за стресових умов, тимчасом ранні – нижчим потенціалом, проте більш стабільною реакцією; середньоранні займали проміжне положення.

Пластичність генотипів картоплі у відповідь на контрастні гідротермічні умови. Пластичність генотипів оцінювали за β -коефіцієнтом Eberhart & Russell (1966), який характеризує чутливість врожайності до змін умов року. Аналіз динаміки β засвідчив послідовне зростання екологічної реактивності генотипів упродовж вегетації. На етапі Т1 усі групи стиглості характеризувалися значеннями $\beta < 1$, що свідчить про стабільний тип реакції та відносну незалежність формування раннього врожаю від міжрічної мінливості умов (табл. 3). Це узгоджується із властивостями внутрішніх резервів материнської бульби на початкових етапах росту. На етапі Т2 спостерігалось зростання пластичності, найбільш виражене у середньостиглих генотипів, що відображає посилення впливу погодних факторів на процеси бульбоутворення та накопичення сухої речовини; частина генотипів переходила до середньопластичного типу реакції. На момент збирання (Т3) ранні та середньоранні генотипи зберігали значення $\beta \leq 1$ (стабільний або наближений до середньопластичного тип), тимчасом середньостиглі характеризувалися $\beta > 1$, що відповідає інтенсивному типу реакції: підвищення продуктивності у сприятливі роки за більшої чутливості до стресу.

Отже, ранні та середньоранні генотипи характеризувалися стабільним типом адаптації, тимчасом середньостиглі на завершальному етапі формування врожаю переходять до інтенсивного типу реакції.

Таблиця 3 – β -коефіцієнти пластичності генотипів картоплі у різних групах стиглості та фазах вегетації (2022–2025 рр.)

Стиглість	Облік	Середня урожайність, т/га	β	Тип реакції
Ранні	T1	8,3	0,59	Стабільний
	T2	13,3	0,78	Стабільний
	T3	18,6	0,81	Стабільний
Середньоранні	T1	6,2	0,46	Стабільний
	T2	11,9	0,75	Стабільний
	T3	20,2	0,91	Середньопластичний
Середньостиглі	T1	5,2	0,44	Стабільний
	T2	10,4	0,91	Середньопластичний
	T3	28,0	1,04	Інтенсивний

Примітка: Тип реакції визначено відповідно до шкали: $\beta < 1$ – стабільний; $\beta \approx 1$ – середньопластичний; $\beta > 1$ – інтенсивний.

Кореляційно-регресійний аналіз зв'язку продуктивності з агрометеорологічними показниками. Оцінка β -коефіцієнтів засвідчила зростання екологічної реактивності генотипів упродовж вегетації, що обумовило необхідність кількісної оцінки зв'язків між продуктивністю та гідротермічними умовами.

Кореляційний аналіз виконано за Пірсоном із двостороннім критерієм значущості ($n = 12$; 2022–2025 рр.). Відсутність протилежних реакцій між групами стиглості дозволила використовувати об'єднану вибірку. Агрометеорологічні показники агреговано відповідно до фенологічних фаз: для ΔY (T1–T2) – червень–липень, для ΔY (T2–T3) та Y (T3) – липень–серпень.

Кореляційний аналіз. Встановлено статистично значущі зв'язки між показниками продуктивності та параметрами водного і температурного режимів (табл. 4), причому їх сила зростала від ранніх до пізніх фаз вегетації. На етапі T1–T2 швидкість накопичення врожаю позитивно корелювала з показниками вологозабезпечення (ГТК, GWET) і негативно – з $T_{\max} > 30$ °C та середньою температурою, що відображає чутливість раннього

Регресійний аналіз. З урахуванням мультиколінеарності між ГТК та GWET ($r = 0,95$) у модель включено три предиктори: ΔY (T2–T3), GWET і $T_{\max} > 30$ °C. Модель побудовано методом найменших квадратів для прогнозування кінцевої врожайності:

$$Y = 6,12 + 45,8 \times \Delta Y(T2 - T3) + 1,83 \times GWET - 0,48 \times T_{\max} > 30,$$

де всі коефіцієнти статистично значущі ($P \leq 0,023$). Параметри моделі: $R^2 = 0,972$ (скоригований $R^2 = 0,962$); $F(3,8) = 93,4$; $P < 0,0001$; стандартна похибка – 1,2 т/га; VIF < 3,5. Модель пояснює 97,2 % варіації врожайності. Найбільший внесок забезпечує ΔY (T2–T3), що підтверджує визначальну роль пізньої фази бульбонакопичення. Збільшення GWET на 0,1 підвищує врожайність на 1,8 т/га, тимчасом кожен додатковий день із $T_{\max} > 30$ °C знижує її на 0,48 т/га.

Встановлено системний зв'язок між умовами липня–серпня та формуванням врожайності: ключовими лімітуючими чинниками є дефіцит ґрунтової вологи та тепловий стрес.

Таблиця 4 – Коефіцієнти кореляції (r) між показниками продуктивності картоплі та агрометеорологічними факторами (2022–2025 рр.)

Показник продуктивності	ΔY (T1–T2)	ΔY (T2–T3)	ГТК	GWET	$\Sigma T_{\max} > 30$ °C	$T_{\text{сер.}}$, °C
ΔY (T1–T2), т/га/добу	1,000	0,812**	0,794**	0,823***	–0,712**	–0,598*
ΔY (T2–T3), т/га/добу	0,812**	1,000	0,921***	0,934***	–0,903***	–0,782**
Урожайність (T3), т/га	0,847***	0,973***	0,896***	0,912***	–0,879***	–0,761**

Примітка: r – коефіцієнт кореляції Пірсона; $n = 12$; $df = 10$; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ГТК – гідротермічний коефіцієнт за Селяніновим (середнє за червень–липень для ΔY (T1–T2) та за липень–серпень для ΔY (T2–T3) і Y (T3)); GWET – індекс вологості ґрунту (NASA POWER); $T_{\max} > 30$ – кількість днів із максимальною температурою повітря понад 30 °C за відповідний період; $T_{\text{сер.}}$ – середня температура повітря за відповідний період, °C.

бульбоутворення до поєданого впливу посухи й теплового стресу. У фазу T2–T3 сила зв'язків зростала, досягаючи максимуму для GWET і $\Sigma T_{\max} > 30$ °C, що відповідає періоду інтенсивного бульбонакопичення. Кінцева врожайність (T3) найтісніше пов'язана зі швидкістю накопичення на етапі T2–T3 ($r = 0,973$, $P < 0,001$). Серед агрометеорологічних факторів найвищі кореляції встановлено з GWET і ГТК, тимчасом кількість днів із $T_{\max} > 30$ °C має сильний негативний зв'язок із врожайністю.

Модель може бути використана для прогнозування врожайності в умовах кліматичної мінливості.

Висновки. 1. Гідротермічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. у зоні Житомирського Полісся характеризувалися різким контрастом за зволоженням (ГТК 0,05–1,68), вологістю ґрунту (GWET 0,16–0,70) та частотою теплових стресів (0–28 днів із $T_{\max} > 30$ °C), що забезпечило достатній екологічний градієнт для оцінки пластичності генотипів.

2. Критичним періодом формування врожайності є фаза інтенсивного накопичення бульб (Т2–Т3, 80–115-та доба), упродовж якої в посушливі роки темпи накопичення знижувалися на 69–86 % ($P < 0,001$), що перевищувало зменшення на етапі Т1–Т2 (43–58 %).

3. Середньостиглі генотипи реалізовували найвищий продуктивний потенціал у сприятливі роки (25,0–28,2 т/га), але характеризувалися максимальною варіабельністю за стресових умов (CV до 39 %), тоді як ранні форми мали нижчу врожайність (18,6–23,6 т/га) і стабільнішу реакцію (CV 19–31 %).

4. Аналіз екологічної пластичності за β -коефіцієнтом Eberhart & Russell засвідчив фазову диференціацію адаптивної реакції: ранні та середньоранні генотипи зберігали стабільний тип ($\beta = 0,46–0,91$), тимчасом середньостиглі на етапі Т3 переходили до інтенсивного типу ($\beta = 1,04$).

5. Кінцева врожайність тісно корелювала зі швидкістю накопичення врожаю в період Т2–Т3 ($r = 0,973$, $P < 0,001$), індексом вологості ґрунту GWET ($r = 0,912$, $P < 0,001$) та кількістю днів із $T_{\max} > 30$ °C ($r = -0,879$, $P < 0,001$), що підтверджує визначальну роль пізньої фази накопичення бульб.

6. Регресійна модель ($R^2 = 0,972$; $P < 0,0001$) адекватно описує вплив ключових гідротермічних чинників на формування врожайності та може бути використана для її прогнозування й оптимізації сортового складу в умовах кліматичної мінливості.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні часової бази моделі та її адаптації до кліматичних сценаріїв для уточнення зміщення критичних фаз бульбо-накопичення і підвищення точності прогнозування врожайності. Практичне значення полягає у використанні показників фазової динаміки накопичення врожаю та β -коефіцієнта як критеріїв добору генотипів із оптимальним поєднанням продуктивності та стабільності за варіабельних умов зволоження і температурного режиму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Determinants of potato producer prices in the peasant-driven market: the Ukrainian case / I. Koblianska et al. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2022. Vol. 8. No 3. P. 26–41. DOI: 10.51599/are.2022.08.03.02
2. Артюх Т., Безсмертна О., Мельник Д. Проблеми та перспективи розвитку ринку картоплі в Україні з врахуванням зональної спеціалізації галузі. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-39-54
3. Salehi-Soghadi Z., Islam M.S., Manschadi A.M., Kaul H.-P. Transpiration Efficiency of Some Potato

Genotypes under Drought. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. Issue 4. Art. 996. DOI: 10.3390/agronomy13040996

4. Comprehensive Transcriptome and Proteome Analyses Reveal the Drought Responsive Gene Network in Potato Roots / T. Qin et al. *Plants*. 2024. Vol. 13. Issue 11. Art. 1530. DOI: 10.3390/plants13111530

5. Hanász A., Zsombik L., Magyar-Tábori K., Mendler-Drienyovszki N. Effect of Drought and Seed Tuber Size on Agronomical Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under In Vivo Conditions. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No 6. Art. 1131. DOI: 10.3390/agronomy14061131

6. Influence of drought stress on morphological, physiological and biochemical attributes of plants: A review / W.A. Ansari et al. *Biosci. Biotech. Res. Asia*. 2019. Vol. 16. P. 697–709. DOI: 10.13005/bbra/2785

7. Ibrahim Ibrahim S., Naawe E.K., Çaliskan M.E. Effect of Drought Stress on Morphological and Yield Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding Lines. *Potato Research*. 2024. Vol. 67. P. 529–543. DOI: 10.1007/s11540-023-09655-3

8. Hoelle J., Khan A., Asch F. Drought affects the synchrony of aboveground and belowground phenology in tropical potato. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2023. Vol. 210. Art. e12675. DOI: 10.1111/jac.12675

9. Deficit Irrigation as an Effective Way to Increase Potato Water Use Efficiency in Northern China: A Meta-Analysis / Y. Niu et al. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No. 7. Art. 1533. DOI: 10.3390/agronomy14071533

10. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: Responses of photosynthesis and respiration to water stress / J. Flexas et al. *Physiologia Plantarum*. 2006. Vol. 127. P. 343–352. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x

11. Drought-stress-induced changes in starch yield and physiological traits in potato / K. Rudack et al. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2017. Vol. 203. P. 494–505. DOI: 10.1111/jac.12224

12. Jadoski S.O., Suchoronzek A., dos Santos J. Effect of water deficit on vegetative development, production and physiological disorders on 'Agata' potato tubers. *Applied Research & Agrotechnology*. 2017. Vol. 10. P. 97–107.

13. Nasir M. W., Toth Z. Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. No. 3. Art. 635. DOI: 10.3390/agronomy12030635

14. Ierna A., Mauromicale G. Ecophysiological and productive response of deficit-irrigated potatoes. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. No. 2. Art. 591. DOI: 10.3390/agronomy13020591

15. Zerihun K., Firew M., Tesfaye A., Asrat A. Morpho-Physiological Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) for Post-Flowering Drought Resistance. *Agricultural Science Digest*. 2020. Vol. 40. No. 1. P. 19–26. DOI: 10.18805/ag.D-191

16. Potato Response to Drought Stress: Physiological and Growth Basis / T. Gervais et al. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Art. 698060. DOI: 10.3389/fpls.2021.698060

17. Drought tolerance assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes at different growth stages, based on morphological and physiological traits / S.G. Mthembu et al. *Agricultural Water*

- Management. 2022. Vol. 261. Art. 107361. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107361
18. Тимко Л.В., Фурдига М.М., Верменко Ю.Я. Адаптивна здатність різних сортів картоплі в умовах Правобережного Полісся України. Вивчення та охорона сортів рослин. 2018. Т. 14. № 2. С. 224–229. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774
19. Фурдига М.М. Адаптивна здатність та потенційні властивості сортів картоплі селекції Інституту картоплярства НААН. Аграрні інновації. 2022. № 12. С. 103–109. DOI: 10.32848/agra.innov.2022.12.16
20. Писаренко Н.В., Сидорчук В.І., Захарчук Н.А., Гордієнко В.В. Скринінг перспективних гібридів картоплі за показниками посухостійкості. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 1. С. 35–43. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277769
21. Pysarenko N.V., Sydorhuk V.I., Zakharchuk N.A. Evaluation of potato varieties for drought tolerance, ecological plasticity, adaptability, and consumer qualities at early stages of cultivation. *Vegetable and Melon Growing*. 2024. No. 74. P. 19–32. DOI: 10.32717/0131-0062-2023-74-19-32
22. Chairi F., Lateur M., Muhovski Y. Genotypic variation in agronomic and physiological responses of potato cultivars to water stress under greenhouse conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. Art. 1692962. DOI: 10.3389/fpls.2025.1692962
23. Root system architecture for abiotic stress tolerance in potato: Lessons from plants / R. Zinta et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Art. 926214. DOI: 10.3389/fpls.2022.926214
24. Genotype × environment interactions for potato yield and quality traits: Identification of ideotypes adapted in different ecological regions of Northwest China / B. Zhou et al. *BMC Plant Biology*. 2025. Vol. 25. No 1. Art. 737. DOI: 10.1186/s12870-025-06741-1.
25. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. Vol. 6. No 1. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
26. Badr M.A., El-Tohamy W.A., Salman S.R., Gruda N. Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 271. Art. 107793. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107793
27. Tayyeh H.K., Mohammed R. Analysis of NASA POWER reanalysis products to predict temperature and precipitation in Euphrates River basin. *Journal of Hydrology*. 2023. Vol. 619. Art. 129327. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129327
28. Muyombo E.D., Brorsen W., Krueger E.S., Ochsner T.E. NASA's modeled soil moisture data as an index for forage crop insurance and disaster protection programs: The case of Oklahoma. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2025. Vol. 373. Art. 110772. DOI: 10.1016/j.agrformet.2025.110772
29. Сонец Т.Д., Києнко З.Б., Фурдига М.М., Верменко Ю.Я. Адаптованість сортів картоплі до ґрунтово-кліматичних умов Полісся та Лісостепу України. Вивчення та охорона сортів рослин. 2019. Т. 15. № 1. С. 93–98. DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162488
30. Adaptive variability of early potato in the Forest-Steppe of Ukraine / N. Yatsenko et al. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28. No 3. P. 67–77. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2024.67
31. Картоплярство: методика дослідної справи / за ред. А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с. URL: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b090c3254bffeada.pdf
32. Sparks A. Nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R. *Journal of Open Source Software*. 2018. Vol. 3. No. 30. Art. 1035. DOI: 10.21105/joss.01035
33. Assessment of the MERRA-2 land surface hydrology estimates / R.H. Reichle et al. *Journal of Climate*. 2017. Vol. 30. No 8. P. 2937–2960. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0720.1
34. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. *Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998. 300 p.

REFERENCES

- Koblianska, I., Seheda, S., Khaietska, O., Kalachevska, L., Klochko, T. (2022). Determinants of potato producer prices in the peasant-driven market: the Ukrainian case. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. Vol. 8(3), pp. 26–41. DOI: 10.51599/are.2022.08.03.02
- Artiukh, T., Bezsmertna, O., Melnyk, D. (2022). Problemy ta perspektyvy rozvytku rynku kartopli v Ukraini z vrakhuvanniam zonalnoi spetsializatsii haluzi [Problems and prospects of potato market development in Ukraine taking into account zonal specialization of the industry]. *Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society]*. no. 39. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-39-54
- Salehi-Soghadi, Z., Islam, M.S., Manschadi, A.M., Kaul, H.-P. (2023). Transpiration Efficiency of Some Potato Genotypes under Drought. *Agronomy*. Vol. 13(4), Art. 996. DOI: 10.3390/agronomy13040996
- Qin, T., Wang, Y., Pu, Z., Shi, N., Dormatey, R., Wang, H., Sun, C. (2024). Comprehensive Transcriptome and Proteome Analyses Reveal the Drought Responsive Gene Network in Potato Roots. *Plants*. Vol. 13(11), Art. 1530. DOI: 10.3390/plants13111530
- Hanász, A., Zsombik, L., Magyar-Tábori, K., Mendler-Drienyovszki, N. (2024). Effect of Drought and Seed Tuber Size on Agronomical Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under In Vivo Conditions. *Agronomy*. Vol. 14(6), Art. 1131. DOI: 10.3390/agronomy14061131
- Ansari, W.A., Atri, N., Pandey, M., Singh, A.K., Singh, B., Pandey, S. (2019). Influence of drought stress on morphological, physiological and biochemical attributes of plants: A review. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*. Vol. 16, pp. 697–709. DOI: 10.13005/bbra/2785

7. Ibrahim Ibrahim, S., Naawe, E.K., Çaliskan, M.E. (2024). Effect of Drought Stress on Morphological and Yield Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding Lines. *Potato Research*. Vol. 67, pp. 529–543. DOI: 10.1007/s11540-023-09655-3
8. Hoelle, J., Khan, A., Asch, F. (2023). Drought affects the synchrony of aboveground and belowground phenology in tropical potato. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 210, Art. e12675. DOI: 10.1111/jac.12675
9. Niu, Y., Zhang, K., Khan, K.S., Fudjoe, S.K., Li, L., Wang, L., Luo, Z. (2024). Deficit Irrigation as an Effective Way to Increase Potato Water Use Efficiency in Northern China: A Meta-Analysis. *Agronomy*. Vol. 14(7), Art. 1533. DOI: 10.3390/agronomy14071533
10. Flexas, J., Bota, J., Galmés, J., Medrano, H., Ribas-Carbó, M. (2006). Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: Responses of photosynthesis and respiration to water stress. *Physiologia Plantarum*. Vol. 127, pp. 343–352. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x
11. Rudack, K., Seddig, S., Sprenger, H., Köhl, K., Uptmoor, R., Ordon, F. (2017). Drought-stress-induced changes in starch yield and physiological traits in potato. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 203, pp. 494–505. DOI: 10.1111/jac.12224
12. Jadoski, S.O., Suchoroneczek, A., dos Santos, J. (2017). Effect of water deficit on vegetative development, production and physiological disorders on 'Agata' potato tubers. *Applied Research & Agro-technology*. Vol. 10, pp. 97–107.
13. Nasir, M.W., Toth, Z. (2022). Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. *Agronomy*. Vol. 12(3), Art. 635. DOI: 10.3390/agronomy12030635
14. Ierna, A., Mauromicale, G. (2023). Ecophysiological and productive response of deficit-irrigated potatoes. *Agronomy*. Vol. 13(2), Art. 591. DOI: 10.3390/agronomy13020591
15. Zerihun, K., Firew, M., Tesfaye, A., Asrat, A. (2020). Morpho-Physiological Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) for Post-Flowering Drought Resistance. *Agricultural Science Digest*. Vol. 40(1), pp. 19–26. DOI: 10.18805/ag.D-191
16. Gervais, T., Creelman, A., Li, X.-Q., Bizimungu, B., De Koeyer, D., Dahal, K. (2021). Potato Response to Drought Stress: Physiological and Growth Basis. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12, Art. 698060. DOI: 10.3389/fpls.2021.698060
17. Mthembu, S.G., Magwaza, L.S., Mashilo, J., Mditshwa, A., Odindo, A. (2022). Drought tolerance assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes at different growth stages, based on morphological and physiological traits. *Agricultural Water Management*. Vol. 261, Art. 107361. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107361
18. Tymko, L.V., Furdyha, M.M., Vermenko, Yu.Ya. (2018). Adaptivna zdavnist riznykh sortiv kartopli v umovakh Pravoberezhnoho Polissia Ukrainy [Adaptive ability of different potato varieties under the conditions of Right-Bank Polissia of Ukraine]. *Vyvchennia ta okhorona sortiv roslyn [Plant Varieties Studying and Protection]*. Vol. 14(2), pp. 224–229. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774
19. Furdyha, M.M. (2022). Adaptivna zdavnist ta potentsiini vlastyvoli sortiv kartopli selektsii Instytutu kartopliarstva NAAN [Adaptive ability and potential properties of potato varieties bred by the Institute of Potato Research of NAAS]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]*. no. 12, pp. 103–109. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.16
20. Pysarenko, N.V., Sydoruk, V.I., Zakharchuk, N.A., Hordiienko, V.V. (2023). Skryninh perspektyvnykh hibrydiv kartopli za pokaznykamy posukhoostiikosti [Screening of promising potato hybrids for drought tolerance indicators]. *Vyvchennia ta okhoronasortivroslyn [Plant Varieties Studying and Protection]*. Vol. 19(1), pp. 35–43. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277769
21. Pysarenko, N.V., Sydoruk, V.I., Zakharchuk, N.A. (2024). Evaluation of potato varieties for drought tolerance, ecological plasticity, adaptability, and consumer qualities at early stages of cultivation. *Vegetable and Melon Growing*. no. 74, pp. 19–32. DOI: 10.32717/0131-0062-2023-74-19-32
22. Chairi, F., Lateur, M., Muhovski, Y. (2025). Genotypic variation in agronomic and physiological responses of potato cultivars to water stress under greenhouse conditions. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 16, Art. 1692962. DOI: 10.3389/fpls.2025.1692962
23. Zinta, R., Tiwari, J.K., Buckseth, T., Thakur, K., Goutam, U., Kumar, D., Challam, C., Bhatia, N., Poonia, A.K., Naik, S., Singh, R.K., Thakur, A.K., Dalamu, D., Luthra, S.K., Kumar, V., Kumar, M. (2022). Root system architecture for abiotic stress tolerance in potato: Lessons from plants. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 13, Art. 926214. DOI: 10.3389/fpls.2022.926214
24. Zhou, B., Yuan, J., Liang, L., Zhang, F., Wang, Y. (2025). Genotype × environment interactions for potato yield and quality traits: Identification of ideotypes adapted in different ecological regions of Northwest China. *BMC Plant Biology*. Vol. 25(1), Art. 737. DOI: 10.1186/s12870-025-06741-1
25. Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. Vol. 6(1), pp. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
26. Badr, M.A., El-Tohamy, W.A., Salman, S.R., Gruda, N. (2022). Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. *Agricultural Water Management*. Vol. 271, Art. 107793. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107793
27. Tayyeh, H.K., Mohammed, R. (2023). Analysis of NASA POWER reanalysis products to predict temperature and precipitation in Euphrates River basin. *Journal of Hydrology*. Vol. 619, Art. 129327. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129327
28. Muyombo, E.D., Brorsen, W., Krueger, E.S., Ochsner, T.E. (2025). NASA's modeled soil moisture data as an index for forage crop insurance and disaster protection programs: The case of Oklahoma. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 373, Art. 110772. DOI: 10.1016/j.agrformet.2025.110772

29. Sonets, T.D., Kyienko, Z.B., Furdyha, M.M., Vermenko, Yu.Ya. (2019). Adaptovanist sortiv kartopli do gruntovoklimatchnykh umov Polissia ta Lisostepu Ukrainy [Adaptability of potato varieties to soil-climatic conditions of the Polissia and Forest-Steppe zone of Ukraine]. *Vyvchennia ta okhoronasortivroslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 15(1), pp. 93–98. DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162488

30. Yatsenko, N., Ulianych, O., Yatsenko, V., Feshchenko, V., Chubko, O. (2024). Adaptive variability of early potato in the Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. Vol. 28(3), pp. 67–77. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2024.67

31. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A. (2019). Kartopliarstvo: metodyka doslidnoi spravy [Potato Growing: Research Methodology]. Vinnytsia, LLC «TVORY», 652 p. Available at: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b090c3254bffeada.pdf

32. Sparks, A. (2018). Nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R. *Journal of Open Source Software*. Vol. 3(30), Art. 1035. DOI: 10.21105/joss.01035

33. Reichle, R.H., Draper, C.S., Liu, Q., Girotto, M., Mahanama, S.P.P., Koster, R.D., De Lannoy, G.J.M. (2017). Assessment of the MERRA-2 land surface hydrology estimates. *Journal of Climate*. Vol. 30(8), pp. 2937–2960. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0720.1

34. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, FAO, 300 p.

The environmental sensitivity of potato yield formation in different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions

Pysarenko N., Zakharchuk N., Oliinyk T.

The study investigated the peculiarities of yield formation in 72 potato genotypes belonging to different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions during 2022–2025 in Zhytomyr Polissia region. Yield assessments were conducted on the 65th (T1) and 80th (T2) days after planting and at final harvest (T3).

Significant interannual variability in yield accumulation rates was observed. In favorable years

(2022 and 2025), the rate of yield formation during the T1–T2 period reached 0.40–0.51 t/ha/day, whereas in 2023 it decreased by 43–58 % ($P < 0.001$). The most critical phase was T2–T3 (days 80–115), when in the drought year of 2023 yield accumulation rates declined by 69–86 % compared with 2022 ($P < 0.001$).

Final yield in favorable years reached 23–28 t/ha, whereas in 2023 it decreased by 2.5–2.7 times ($P < 0.001$). In 2024, under extreme drought conditions, yield remained 20–28 % lower than in 2022 ($P < 0.001$), and differences between maturity groups were not significant ($P > 0.05$). The coefficient of variation increased to 39 % under stress conditions.

Mid-maturing genotypes realized the highest yield potential in favorable years (up to 28.2 t/ha in 2025, $P < 0.01$) but showed greater variability under drought conditions. Early-maturing genotypes had lower maximum productivity but demonstrated relatively more stable responses.

Plasticity analysis according to the Eberhart and Russell method revealed changes in β -coefficients during the growing season. At stage T1, all groups exhibited a stable response type ($\beta < 1$). By final harvest, mid-maturing genotypes shifted to an intensive response type ($\beta = 1.04$), whereas early ($\beta = 0.81$) and medium-early ($\beta = 0.91$) genotypes retained a stable or moderately plastic adaptation type.

Strong correlations were found between productivity and hydrothermal indicators. Final yield showed the strongest association with yield accumulation rate during the T2–T3 period ($r = 0.973$; $P < 0.001$), soil moisture index GWET ($r = 0.912$; $P < 0.001$), and the number of days with $T_{max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($r = -0.879$; $P < 0.001$).

The regression model ($R^2 = 0.972$; $P < 0.0001$) showed that each 0.1 increase in GWET raises yield by 1.8 t/ha, while each additional day with high temperature decreases it by 0.48 t/ha.

It was demonstrated that the decisive period of yield formation is the T2–T3 phase, while the key limiting factors are soil moisture deficit and the number of days with $T_{max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ during July–August. The obtained results may be used for predicting the productivity of potato genotypes under conditions of interannual climatic variability.

Key words: potato, breeding material, ecological plasticity, yield dynamics, hydrothermal stress, moisture deficit, $T_{max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, GWET, β -coefficient, predictive modeling, adaptability, Zhytomyr Polissia.



Copyright: Писаренко Н.В., Захарчук Н.А., Олійник Т.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Писаренко Н.В.

<https://orcid.org/0000-0001-6299-2170>

Захарчук Н.А.

<https://orcid.org/0000-0002-8194-2491>

Олійник Т.М.

<https://orcid.org/0000-0002-7235-9413>

