

УДК 635.64:631.523:631.58

DOI: 10.37128/2707-5826-2026-2-3

**АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА
РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНО
ОБҐРУНТОВАНОЇ МОДЕЛІ
СОРТУ І ГІБРИДУ ПОМІДОРА
ДЛЯ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Н.В. ЯЦЕНКО, доктор с.-г. наук,
професор

В.В. ЯЦЕНКО, доктор с.-г. наук,
доцент,

Уманський національний університет

У статті наведено результати багаторічного дослідження адаптивно-продуктивного потенціалу сортів і гібридів помідора в умовах Лісостепу України. Метою роботи було оцінити рівень урожайності, екологічної пластичності, стабільності та селекційної цінності генотипів, а також розробити науково обґрунтовану модель сорту/гібриду, придатного для сучасних умов вирощування.

Об'єктами дослідження були сорти української селекції (Лазідний – контроль, Аніта, Айсан, Гейзер, Любимий, Миролюбівський, Оберіг, Хорів) і гібриди (Вулкан, Даруна, Класік), які вивчали у 2018–2020 та 2023–2025 роках. Встановлено, що основним лімітуючим фактором продуктивності була нестача вологи за умов значної міжрічної варіабельності опадів.

Найбільш сприятливими для формування врожаю виявилися 2023 та 2025 роки, коли середня врожайність досягала 57,82–70,40 т/га. Найвищі показники продуктивності забезпечили сорти Хорів (63,5 т/га), Любимий (61,5 т/га) та гібриди Вулкан (64,7 т/га) і Класік (59,9 т/га), які достовірно перевищували стандарт. За параметрами адаптивності (σ^2d , b_i , КАА, Нот) виділено генотипи з високою екологічною пластичністю та стабільністю – Хорів, Любимий, Гейзер, Вулкан, Класік і Даруна. Вони характеризуються широкою нормою реакції, здатністю ефективно реалізовувати генетичний потенціал у змінних умовах середовища та формувати стабільний урожай. Встановлено, що високопродуктивні генотипи мають інтенсивний тип адаптивності, тоді як окремі форми проявляють стабілізуючу адаптацію. На основі отриманих даних розроблено модель сорту і гібриду помідора, що передбачає оптимізацію морфологічних і господарсько-цінних ознак із використанням регресійних залежностей між елементами структури рослини. Запропоновані моделі забезпечують формування врожайності на рівні 55–60 т/га і вище, покращення якості плодів та підвищення ефективності використання ресурсів. Результати досліджень мають практичне значення для селекції та виробництва, оскільки дозволяють рекомендувати високоврожайні й адаптивні генотипи для різних умов вирощування та обґрунтовують напрями подальшого вдосконалення селекційних програм.

Ключові слова: помідор, урожайність, адаптивність, стабільність, пластичність, модель сорту/гібриду, генотип.

Табл. 4., Літ 14.

Постановка проблеми. Сучасний рівень виробництва помідорів пред'являє найвищі вимоги до вирощуваних сортів і гібридів. Сорт/гібрид найважливіший компонент науково-обґрунтованого землеробства, основна ланка будь-якої технології і чим вона інтенсивніша, чим більше закладається коштів у вирощування культури, тим більше значення вони мають [1, 2].



Культурний помідор (*Solanum lycopersicum* L.) є другою за рівнем споживання овочевою культурою у світі та важливим джерелом фітонутрієнтів для здоров'я людини. У межах культивованого генофонду спостерігається значна варіабельність за такими ознаками, як забарвлення плодів (біле, жовте, помаранчеве, рожеве, червоне, коричневе та зелене), форма плодів (плеската, довгаста, округла, циліндрична, еліптична, серцеподібна, яйцеподібна, грушоподібна та обернено-серцеподібна), а також їх розмір (дуже дрібні, дрібні, середні, великі та дуже великі) [3]. З огляду на високу економічну значущість культури, селекціонери щороку створюють численні нові сорти, серед яких особливо популярними є гібриди. Гібриди F₁ відзначаються високою врожайністю та часто поєднують у собі унікальні властивості традиційних (heirloom) сортів із підвищеною стійкістю сучасних комерційних форм [4]. Останні дослідження також підтверджують позитивний вплив споживання помідорів на профілактику онкологічних захворювань, нейродегенеративних процесів, серцево-судинних патологій, діабету, а також на функціонування імунної системи [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З генетичної, геномної та селекційної точок зору помідор є однією з найбільш вивчених сільськогосподарських культур. Це одна з перших рослин, для яких було створено генетичну карту зчеплення. Наразі існує кілька молекулярних карт, побудованих на основі схрещувань культурних форм із дикими видами помідора [6]. Зокрема, на основі гібриду *L. esculentum* × *L. pennellii* було створено високощільну молекулярну карту, що містить понад 2200 маркерів із середньою відстанню між ними менш ніж 1 сМ та приблизно 750 тис. пар основ на 1 сМ [7].

Добір сортів за однакових умов вирощування може забезпечити підвищення врожайності до двох разів з однієї площі та суттєво підвищити економічну ефективність виробництва. Ґрунтове розуміння філогенетичних зв'язків між сортами помідора, а також походження гібридів є необхідною умовою для ідентифікації та відбору перспективних ліній у подальшій селекційній роботі [8].

Селекціонери можуть значно підвищити ефективність створення нових елітних форм, використовуючи молекулярні інструменти, зокрема молекулярні маркери. Прості повторювані послідовності (SSR-маркери) широко застосовуються для ідентифікації сортів і дослідження генетичного різноманіття помідора, причому частина з них асоційована зі стійкістю до хвороб або толерантністю до засолення [9]. Завдяки високій відтворюваності, кодомінантному типу успадкування (що дозволяє ідентифікувати обидва батьківські алелі) та широкому охопленню геному, SSR-маркери є ефективним інструментом для ідентифікації гібридів, добору та збереження селекційно цінних ліній, а також запобігання помилкам у номенклатурі сортів [10]. При цьому постійно розробляються нові SSR-маркери, пов'язані з ознаками стійкості до абіотичних і біотичних стресів [11, 12].

Створення моделі сорту/гібриду помідора є важливим етапом селекційного процесу, так як його можна розглядати як частину технологічного процесу, що відрізняється наявністю специфічних методів і мети. Виходячи з результатів наших досліджень і доступних джерел літератури зроблена спроба розробки моделі сорту/гібриду помідора для відкритого ґрунту в Лісостепу України [13].

При розробці моделі ми виходили з розуміння, що сорт/гібрид помідора, який селекціонер пропонує виробнику овочів, створюється 7–10 років. Так само відомо, що в сучасному овочівництві промислове вирощування одного гібриду триває не більше 5 років, після цього він застаріває і на його зміну приходить новий, більш продуктивний. Тому для створення сорту/гібриду, кращого, ніж існуючі (а це можливо, так як генетичної межі ще не досягнуто ні в однієї з культур), мало розробляти модель, ми максимально конкретизуємо цілі селекційної роботи, виділяючи на перший план всі основні вимоги виробників і споживачів овочів. З морфологічних, технологічних, абіотичних ознак нижче відзначимо тип росту, врожайність, якість плодів, генетичну стійкість [14].

Мета дослідження полягала в аналізі адаптивно-продуктивного потенціалу сортів і гібридів помідора та розробка теоретично обґрунтованої моделі сорту, придатного для Лісостепу України.

Умови та методика проведення досліджень. Дослідження адаптивності сортів помідора української селекції Лагідний (контроль), Аніта, Айсан, Гейзер, Любимий, Миролюбівський, Оберіг і Хорів та гібридів Вулкан, Даруна і Класік проводили у 2018–2020 та 2023–2025 рр. Аналіз погодних умов досліджуваного періоду (2018–2020; 2023–2025 рр.), наведений у табл. 1 засвідчив значну міжрічну варіабельність гідротермічного режиму, що проявлялася у різких коливаннях кількості опадів за відносно стабільного температурного фону.

Таблиця 1

Показники опадів та температури повітря вегетаційного періоду за даними метеостанції «Умань», 2018–2020; 2023–2025

Місяць	2018	2019	2020	2023	2024	2025	Багаторічне значення
Сума опадів, мм							
Травень	18,3	35,6	101,0	42,4	4,8	101,8	52,0
Червень	82,4	69,8	70,4	15,8	56,5	11,2	81,0
Липень	92,9	33,8	21,4	92,5	17,9	112,3	68,0
Серпень	2,6	19,2	17,1	12,0	17,7	23,0	49,0
Σ	196,2	158,4	209,9	162,7	96,9	248,3	
Температура повітря, °С							
Травень	17,9	17,0	12,5	15,4	15,3	13,1	15,4
Червень	20,2	23,4	20,9	19,6	21,2	19,3	19,0
Липень	20,7	20,0	21,6	21,3	24,3	22,4	20,9
Серпень	22,1	20,7	21,2	22,9	23,1	19,7	21,1

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

У травні спостерігалось чергування посушливих і надмірно зволжених умов (4,8–101,8 мм за норми 52 мм), що могло впливати на приживлюваність розсади, тоді як температура переважно відповідала біологічним вимогам культури.

У червні в окремі роки відмічено критичний дефіцит опадів (11,2–15,8 мм при нормі 81 мм), що обмежувало формування генеративних органів. У липні та серпні нерівномірність зволоження поєднувалася з оптимальними температурами, що зумовлювало водний стрес або погіршення якості плодів. Встановлено, що лімітуючим фактором продуктивності виступала нестача вологи, а не температура. Отже, нестабільність зволоження обмежувала реалізацію потенціалу помідора, що обґрунтовує необхідність впровадження адаптивних технологій вирощування.

Польовий дослід було закладено на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу. Розміщення варіантів у досліді системне, без повторень. Для проведення біометричних вимірювань використовували по 50 маркерних рослин. Площа облікової ділянки 20 м², схема розміщення рослин 70×35 см (40,8 тис. росл./га).

Статистичний аналіз виконували методом варіаційної статистики та дисперсійного аналізу. Параметри адаптивної здатності визначали за загальноприйнятими методами, детально описаними в авторських статтях [14].

Результати досліджень. Аналіз багаторічної динаміки врожайності сортів і гібридів помідора за 2018–2020 та 2023–2025 рр. свідчить про суттєву диференціацію продуктивності залежно від гідротермічних умов років, причому найбільш сприятливими для формування врожаю виявилися 2023 і особливо 2025 роки, коли середня врожайність зросла до 57,82 і 70,40 т/га відповідно при відносно низькому рівні варіації (CV = 9–11%), що вказує на високу реалізацію генетичного потенціалу досліджуваних генотипів.

За досліджуваний період чітко простежується перевага окремих сортів і гібридів над стандартом (Лагідний, 56,4 т/га), причому серед сортів найвищою продуктивністю характеризувався Хорів (63,5 т/га; перевищення стандарту на 7,1 т/га), а також Любимий (61,5 т/га), які стабільно перевищували $HP_{0.05}$ (3,18 т/га), що свідчить про достовірність отриманих відмінностей. Серед гібридів найбільш продуктивними виявилися Вулкан (64,7 т/га) і Класік (59,9 т/га), причому гібрид Вулкан формував максимальні показники врожайності у сприятливі роки (до 84,0 т/га у 2025 р.), що значно перевищує стандарт і підтверджує його високу адаптивність до оптимальних умов вирощування. Водночас у стресовому 2024 році (середня врожайність 43,36 т/га; CV = 11%) відзначено зниження продуктивності всіх генотипів, що свідчить про значний вплив абіотичних чинників, однак навіть за цих умов відносну стабільність проявили сорти Хорів і Любимий та гібрид Класік, які характеризуються нижчими значеннями коефіцієнту варіації (12–16%).

Очевидно, що високопродуктивні генотипи (Хорів, Любимий, Вулкан) мають підвищену реакцію на покращення умов вегетації, тобто характеризуються інтенсивним типом адаптивності, тоді як генотипи з нижчою варіабельністю (Класік, Оберіг) проявляють елементи стабілізуючої адаптації (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка врожайності плодів сортів і гібридів помідора, т/га,
2018–2020; 2023–2025

Варіант		2018	2019	2020	2023	2024	2025	\bar{X}	SD	CV, %
Сорти	Лагідний (st)	57,8	56,2	54,1	56,8	42,0	71,7	56,4	8,65	15
	Аніта	56,2	54,4	53,7	53,6	41,5	67,0	54,4	7,41	14
	Айсан	48,8	45,5	45,7	47,0	34,4	57,5	46,5	6,76	15
	Гейзер	58,7	56,4	58,6	59,6	45,3	71,3	58,3	7,57	13
	Любимий	59,1	59,9	62,6	64,0	48,6	75,0	61,5	7,79	13
	Миролюбивський	46,7	45,6	50,8	45,7	36,9	55,8	46,9	5,74	12
	Оберіг	53,7	52,8	56,9	56,0	45,0	67,0	55,2	6,52	12
Хорів	65,6	63,9	59,6	65,3	46,5	80,2	63,5	9,92	16	
Гібриди	Вулкан	62,6	65,1	61,4	67,0	48,1	84,0	64,7	10,56	16
	Даруна	58,1	57,9	54,7	61,0	40,0	72,3	57,3	9,54	17
	Класік	56,7	57,9	63,6	60,0	48,7	72,6	59,9	7,24	12
\bar{X}		56,7	56,0	56,5	57,8	43,4	70,4	56,8		
SD		5,21	6,02	5,15	5,15	6,62	4,61	5,68		
CV, %		9	11	9	9	11	11	10		
НІР ₀₅		3,18	3,13	3,17	3,24	2,43	3,94	3,18		

Примітка: виділені варіанти достовірно переважають стандарт на рівні НІР₀₅.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Водночас у стресовому 2024 році (середня врожайність 43,36 т/га; CV = 11%) відзначено зниження продуктивності всіх генотипів, що свідчить про значний вплив абіотичних чинників, однак навіть за цих умов відносно стабільність проявили сорти Хорів і Любимий та гібрид Класік, які характеризуються нижчими значеннями коефіцієнту варіації (12–16%).

Очевидно, що високопродуктивні генотипи (Хорів, Любимий, Вулкан) мають підвищену реакцію на покращення умов вегетації, тобто характеризуються інтенсивним типом адаптивності, тоді як генотипи з нижчою варіабельністю (Класік, Оберіг) проявляють елементи стабілізуючої адаптації.

Аналіз параметрів адаптивної здатності у таблиці 3 продемонстрував, що гібриди Вулкан, Класік та Даруна, а також сорти Хорів і Любимий характеризувалися підвищеною фенотиповою стабільністю, що підтверджується низькими значеннями специфічної дисперсії відхилень (σ^2d) – зокрема, у сорту Хорів (1,65) та гібрида Даруна (1,75) при високій середній врожайності (63,0 т/га). Такі значення вказують на мінімальний рівень взаємодії «генотип × середовище», тобто врожайність у цих генотипів змінюється незначно під впливом контрастних умов вирощування. Аналіз параметра екологічної пластичності (b_i) показав, що більшість досліджуваних генотипів характеризувалися значеннями, близькими до одиниці ($b_i \approx 1$), що свідчить про їхню середню екологічну пластичність і широку адаптивність до умов вирощування. Сорт Миролюбивський ($b_i = 0,99$) належить до генотипів із тенденцією до стабільнішої реалізації продуктивності в умовах обмежених ресурсів та меншою реакцією на покращення агроекоекологічних факторів.

Натомість гібрид Вулкан ($b_i = 1,26$) характеризується підвищеною чутливістю до покращення умов середовища і відноситься до інтенсивного типу, здатного забезпечувати вищий рівень урожайності за оптимальних умов вирощування. Водночас значення дисперсії відхилень від регресії ($\sigma^2d > 0$) вказує на певну нестабільність прояву ознаки, що свідчить про залежність рівня продуктивності цих генотипів від варіабельності умов зовнішнього середовища.

Таблиця 3

Параметри адаптивної здатності сортів/гібридів помідора за врожайністю, 2018–2020; 2023–2025

Варіант		\bar{X}	b_i	Hom	Sc	KM	ІЕП	КАА	СС	КЗ
Сорти	Лагідний (st)	56,0	1,46	317,32	32,82	2,47	0,99	0,99	-29,70	56,85
	Аніта	54,8	1,28	303,13	33,92	2,32	0,97	0,97	-25,50	54,25
	Айсан	46,7	1,15	220,10	27,92	2,39	0,83	0,83	-23,10	45,95
	Гейзер	57,9	1,34	338,81	36,79	2,30	1,03	1,03	-26,00	58,30
	Любимий	60,5	1,38	370,33	39,23	2,28	1,07	1,07	-26,40	61,80
	Миролюбівський	47,7	0,99	229,95	31,54	2,17	0,85	0,85	-18,90	46,35
	Оберіг	54,5	1,17	299,82	36,58	2,21	0,97	0,97	-22,00	56,00
Хорів	63,0	1,65	401,55	36,55	2,48	1,12	1,12	-33,70	63,35	
Гібриди	Даруна	56,9	1,75	327,21	32,58	2,73	1,01	1,01	-35,90	66,05
	Класік	59,4	1,57	356,59	32,86	2,49	1,05	1,05	-32,30	56,15
	Вулкан	63,0	1,26	401,55	42,28	2,13	1,12	1,12	-23,90	60,65
CVG, %		17								
CVE, %		18								
CVP, %		24								
CVG/CVE		0,92								

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Сорти та гібриди сильно варіювали за коефіцієнтом гомеостатичності (Hom) – від 220,10 (Айсан) до 401,55 (Хорів, Вулкан), що підтверджує стабільність або, навпаки, пластичність генотипу. Досліджувані генотипи згрупували у два кластери: 1) висока гомеостатичність – сорти Хорів (401,55), Любимий (370,33), Гейзер (338,81) та гібриди Вулкан (401,55), Класік (356,59), Даруна (327,21). Дані генотипи менше залежать від коливань температури, краще витримують дефіцит вологи та формують порівняно стабільний урожай у різні роки. Генотипи з високою гомеостатичністю найбільш придатні для зон ризикованого землеробства, забезпечують прогнозований урожай, важливі для промислового виробництва. 2) низька гомеостатичність – сорти Айсан (220,10), Миролюбівський (229,95), Лагідний (317,32) та гібрид Даруна (327,21 – середнє значення). Дані генотипи значно варіюють при зміні температури, реагують на нестачу або надлишок вологи, що вказує на високу екологічну чутливість. Генотипи з низькою гомеостатичністю потенційно продуктивніші в оптимальних умовах, але менш стабільні. Високою селекційною цінністю (Sc) відзначилися сорти Любимий (39,23), Хорів (36,55), Гейзер (36,79) та гібрид Вулкан (42,28).

Високою компенсаторною здатністю (КЗ) – гібрид Даруна (66,05), сорти Хорів (63,35) і Любимий (61,80). Високою екологічною пластичністю (ІЕП) – сорти Хорів (1,12), Любимий (1,07), Гейзер (1,03) та гібриди Вулкан (1,12), Класік (1,05). Дані генотипи істотно переважали стандарт (Лагідний), реалізують краще свій біологічний потенціал та посилюють ефект ознаки за сприятливих або стресових умов та відзначаються широкою адаптивною реакцією на зміни умов середовища й здатність рослини ефективно використовувати ресурси у стресових умовах. Найбільш адаптивними за ознакою «врожайність» виявилися сорти Хорів, Любимий, Гейзер та гібриди Вулкан, Класік, Даруна з коефіцієнтом адаптивності (КАА) вище 1 (1,03–1,12). Інші генотипи – малоадаптивними (КАА < 1). Співвідношення CVG/CVE = 0,92, тобто умови вирощування мають високу відповідність вимогам культури для реалізації біологічного потенціалу генотипу, хоча генетичний потенціал проявляється з певною модифікацією умовами (CVP = 24%). Це свідчить про достатньо стабільні умови Лісостепу для вирощування помідора, проте для ефективної оцінки генотипів потрібно багаторічне та багатолокаційне оцінювання. У перспективі, за умов подальшої кліматичної нестабільності, очікується зростання значення гібридів інтенсивного типу, здатних максимально реалізувати потенціал у сприятливі роки, поряд із необхідністю використання стабільних сортів для мінімізації ризиків.

Аналіз параметрів моделі сорту і гібриду помідора, наведених у таблиці 4, свідчить про високий рівень їх наукової обґрунтованості, системності та функціональної узгодженості морфологічних і господарсько-цінних ознак, що досягається використанням регресійних залежностей між ключовими елементами структури рослини, де базовим інтегруючим показником виступає висота головного стебла, яка визначає архітектуру рослини, інтенсивність формування вегетативної маси та потенціал генеративного розвитку (табл. 4).

Встановлено, що у розроблених моделях відбувається оптимізація лінійного росту рослин, зокрема зниження висоти рослини у сорту до 135–150 см та у гібриду до 140–150 см порівняно з прототипами, що, у поєднанні з тенденцією до вкорочення міжвузлів, забезпечує формування компактного габітусу з підвищеною щільністю розміщення листового апарату і генеративних органів, унаслідок чого покращуються умови світлопоглинання та підвищується коефіцієнт використання фотосинтетично активної радіації.

Для кількісного обґрунтування морфоструктурних параметрів рослин детермінантного типу використано регресійний аналіз, який дозволив встановити функціональні залежності між окремими елементами архітектури рослини. Зокрема, на основі рівняння регресії між висотою головного стебла та довжиною міжвузлів ($y = 0,014x + 4,0$) визначено, що середня довжина міжвузля становить 5–6 см. Кількість листків на рослині розраховано за рівнянням регресії між висотою головного стебла та кількістю листків ($y = 0,116x + 8,2$), що для детермінантних сортів і гібридів відповідає рівню 22–25 шт./рослину.

Таблиця 4

**Моделі сорту і гібриду помідора придатного до поширення у
Лісостепу України**

Показник/ознака	Сорт		Гібрид	
	Прототип	Модель	Прототип	Модель
Довжина міжвузлів, см	5-6	вкорочене 5	6	вкорочене 6-7
Висота рослини, см	150	135-150	155	140-150
Висота закладання 1-ї китиці, шт листків	низьке 6	7-8	низьке 6	7-8
Кількість китиць, шт./росл.	3	4	4	5
Кількість плодів, шт./китицю	4	5	4	4
Кількість плодів, шт./росл.	13	16	14	15
Загальна врожайність, т/га	40	55	45,5	60
Вихід стандартної продукції, %	90-94	98	95	98
Середня маса плоду, г	80	85	125	135
Кількість камер, шт.	2	3	5	6
Забарвлення плоду	Яскраво червоне			
Однорідність забарвлення	Висока, без плям			
Однорідність плодів	Не менше 70 % плодів масою 80–100 г		Не менше 80 % плодів масою 120–140 г	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Водночас кількість суцвіть на рослині визначали на основі залежності між кількістю листків і кількістю суцвіть ($y = 0,46x - 0,58$), що дозволило встановити її рівень у межах 10–11 шт./рослину. Отримані результати свідчать про закономірний характер формування продукційного процесу та можливість його цілеспрямованого прогнозування на основі морфогенетичних взаємозв'язків.

Особливої уваги заслуговує диференціація моделей за типом продуктивності, оскільки у сорту реалізується стратегія підвищення врожайності за рахунок збільшення кількості плодів середньої маси (85 г), тоді як у гібриду домінує інтенсивний тип формування врожаю з акцентом на великоплідність (135 г) та підвищену кількість камер (до 6), що зумовлює покращення товарних якостей продукції та її конкурентоспроможності на ринку. Суттєве зростання загальної врожайності, яке у моделі сорту становить 55 т/га, а у гібриду – 60 т/га, порівняно з прототипами (40 та 45,5 т/га відповідно), слід розглядати як результат синергічної взаємодії структурних елементів урожаю, зокрема збільшення кількості китиць і плодів, оптимізації морфологічної будови рослин та підвищення ефективності асиміляційного апарату, що підтверджує доцільність використання регресійного моделювання у селекційному процесі. Очевидно, що подальша селекційна робота має спрямовуватися на посилення ознак компактності рослини, збереження оптимальної кількості листкового апарату та підвищення коефіцієнту зав'язування плодів. Це дозволить ще більше підвищити рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності, особливо за умов інтенсифікації технологій вирощування у Лісостепу України.

Прогнозується, що впровадження розроблених моделей у селекційні програми сприятиме створенню нових високопродуктивних сортів і гібридів помідора з урожайністю понад 60–65 т/га, високим виходом стандартної продукції (не менше 98 %) та стабільними показниками якості плодів, що забезпечить підвищення економічної ефективності виробництва та адаптивності рослин до змінних агрокліматичних умов. Отже, науково обґрунтований висновок полягає в тому, що запропоновані моделі сорту і гібриду помідора є ефективним інструментом цілеспрямованого формування морфоструктури рослин і оптимізації продукційного процесу, оскільки вони забезпечують узгоджене поєднання кількісних і якісних показників урожайності, що, у свою чергу, дозволяє розглядати їх як перспективну основу для розробки адаптивних, високопродуктивних і конкурентоспроможних генотипів помідора для умов Лісостепу України.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На основі багаторічних польових досліджень встановлено, що реалізація продуктивного потенціалу сортів і гібридів помідора в умовах Лісостепу України відзначається значною диференціацією генотипів за рівнем урожайності, адаптивності та стабільності.

Серед досліджуваних генотипів найвищу врожайність забезпечили сорти Хорів (63,5 т/га) та Любимий (61,5 т/га), а також гібриди Вулкан (64,7 т/га) і Класік (59,9 т/га), які достовірно перевищували стандарт. Особливо слід відзначити гібрид Вулкан, що характеризувався максимальною реалізацією потенціалу у сприятливі роки (до 84,0 т/га), що свідчить про його інтенсивний тип адаптивності. Вказані генотипи поєднують високу продуктивність із здатністю зберігати відносну стабільність урожаю за контрастних умов вирощування, що підтверджується високими значеннями коефіцієнту адаптивності ($КАА > 1,03-1,12$), гомеостатичності та селекційної цінності.

Генотипи Хорів, Любимий і Вулкан характеризуються широкою нормою реакції та високою екологічною пластичністю, що дозволяє їм ефективно використовувати ресурси середовища як у сприятливих, так і в стресових умовах. Водночас гібрид Класік і сорт Оберіг проявляють ознаки стабілізуючої адаптації, забезпечуючи більш вирівняну врожайність.

Таким чином, для умов Лісостепу України науково обґрунтовано рекомендувати: для зон ризикованого землеробства – сорти Хорів, Любимий, Гейзер та гібриди Вулкан, Класік як найбільш адаптивні, стабільні та високоврожайні; для інтенсивних технологій вирощування за оптимального зволоження – гібрид Даруна, який характеризується високою компенсаторною здатністю та потенційною продуктивністю. Запропоновані моделі сорту і гібриду підтверджують ефективність використання морфогенетичного та регресійного підходів у селекції.

Це забезпечує формування генотипів із урожайністю понад 60–65 т/га, високою якістю плодів і адаптивністю до змінних агрокліматичних умов, створює наукову основу для подальшого вдосконалення селекційних програм і підвищення економічної ефективності виробництва помідора.

Список використаної літератури

1. Natalini A., Acciarri N., Cardi T. Breeding for Nutritional and Organoleptic Quality in Vegetable Crops: The Case of Tomato and Cauliflower. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, Issue 7. P. 606. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11070606>.
2. Bian S., Zhou J., Gao Q., Yi C., Chen W., Huang F. Simultaneous Identification on Tomato Variety and Maturity Based on Local and Global Feature Fusion. *Sensors*. 2025. Vol. 25, Issue 23. P. 7313. DOI: <https://doi.org/10.3390/s25237313>.
3. Phan N.T., Kim M., Sim S. Genetic variations of F₁ tomato cultivars revealed by a core set of SSR and InDel markers. *Scientia Horticulturae*. 2016. Vol. 212. P. 155–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.043>.
4. Radzevičius A., Šikšnianienė J.B., Karklelienė R., Juškevičienė D., Antanyrienė R., Misiukevičius E., Starkus A., Stanys V., Frercks B. Characterization of Lithuanian Tomato Varieties and Hybrids Using Phenotypic Traits and Molecular Markers. *Plants*. 2024. Vol. 13, Issue 15. P. 2143. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13152143>.
5. Collins E.J., Bowyer C., Tsouza A., Chopra M. Tomatoes: An Extensive Review of the Associated Health and Their Cultivation. *Biology*. 2022. Vol. 11, Issue 2. P. 239. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11020239>.
6. Foolad M.R. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. *International Journal of Plant Genomics*. 2007. Issue 1. P. 52. DOI: [10.1155/2007/64358](https://doi.org/10.1155/2007/64358).
7. Yang Q., Cai L., Wang M., Gan G., Li W., Li W., Jiang Y., Yuan Q., Qin C., Yu C., Wang Y. CRISPR/Cas9 Allows for the Quick Improvement of Tomato Firmness Breeding. *Current Issues in Molecular Biology*. 2025. Vol. 47, Issue 1. P. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/cimb47010009>.
8. Cruz-Chamorro I., Santos-Sánchez G., Martín F., Fernández-Pachón M.-S., Hornero-Méndez D., Cerrillo I. Evaluation of the Impact of the Ripening Stage on the Composition and Antioxidant Properties of Fruits from Organically Grown Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Spanish Varieties. *Foods*. 2024. Vol. 13, Issue 15. P. 2337. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13152337>.
9. Makhadmeh I.M., Thabet S.G., Ali M., Alabbadi B., Albalasmeh A., Alqudah A.M. Exploring genetic variation among Jordanian *Solanum lycopersicum* L. landraces and their performance under salt stress using SSR markers. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2022. Vol. 20, Issue 1. P. 45. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00327-2>.
10. Olivieri F., Mancini L., Farinon B., Picarella M.E., Mazzucato A. Reproductive Diversity in Cultivated Tomato (*Solanum lycopersicum* L.): Relationships Among Floral, Fruit and Seed Traits. *Plants*. 2026. Vol. 15, Issue 6. P. 878. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants15060878>.
11. Villanueva-Gutierrez E.E., Johansson E., Prieto-Linde M.L., Centellas Quezada A., Olsson M.E. Simple Sequence Repeat Markers Reveal Genetic Diversity and Population Structure of Bolivian Wild and Cultivated Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Genes*. 2022. Vol. 13, Issue 9. P. 1505. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes13091505>.

12. Brake M., Al-Qadumii L., Hamasha H., Migdadi H., Awad A., Haddad N., Sadler M.T. Development of SSR Markers Linked to Stress Responsive Genes along Tomato Chromosome 3 (*Solanum lycopersicum* L.). *BioTech*. 2022. Vol. 11, Issue 3. P. 34. DOI: <https://doi.org/10.3390/biotech11030034>.

13. Яценко В.В. Модель сорту часнику, розроблена на основі колекції генотипів Уманського національного університету садівництва. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. № 2. С. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-18-25>.

14. Яценко Н.В., Яценко В.В., Фещенко В.В., Чубко О.П., Невлад В.І., Остапчук В.В. Адаптивна мінливість гібридів помідора у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. № 2. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-26-33>.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Natalini A., Acciarri N., Cardi T. (2021). Breeding for Nutritional and Organoleptic Quality in Vegetable Crops: The Case of Tomato and Cauliflower. *Agriculture*, Vol. 11, Issue 7. P. 606. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11070606> [in English].

2. Bian S., Zhou J., Gao Q., Yi C., Chen W., Huang F. (2025). Simultaneous Identification on Tomato Variety and Maturity Based on Local and Global Feature Fusion. *Sensors*, Vol. 25, Issue 23. P. 7313. DOI: <https://doi.org/10.3390/s25237313> [in English].

3. Phan N.T., Kim M., Sim S. (2016). Genetic variations of F1 tomato cultivars revealed by a core set of SSR and InDel markers. *Scientia Horticulturae*, Vol. 212, P. 155–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.043>. [in English].

4. Radzevičius A., Šikšnianienė J.B., Karklelienė R., Juškevičienė D., Antanynienė R., Misiukevičius E., Starkus A., Stanys V., Frercks B. (2024). Characterization of Lithuanian Tomato Varieties and Hybrids Using Phenotypic Traits and Molecular Markers. *Plants*, Vol. 13, Issue 15. P. 2143. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13152143> [in English].

5. Collins E.J., Bowyer C., Tsouza A., Chopra M. Tomatoes: An Extensive Review of the Associated Health and Their Cultivation. *Biology*. 2022. Vol. 11, Issue 2. P. 239. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11020239> [in English].

6. Foolad M.R. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. *International Journal of Plant Genomics*. 2007. Issue 1. P. 52. DOI: [10.1155/2007/64358](https://doi.org/10.1155/2007/64358) [in English].

7. Yang Q., Cai L., Wang M., Gan G., Li W., Li W., Jiang Y., Yuan Q., Qin C., Yu C., Wang Y. (2025). CRISPR/Cas9 Allows for the Quick Improvement of Tomato Firmness Breeding. *Current Issues in Molecular Biology*, Vol. 47, Issue 1. P. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/cimb47010009> [in English].

8. Cruz-Chamorro I., Santos-Sánchez G., Martín F., Fernández-Pachón M.-S., Hornero-Méndez D., Cerrillo I. (2024). Evaluation of the Impact of the Ripening Stage on the Composition and Antioxidant Properties of Fruits from Organically Grown Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Spanish Varieties. *Foods*, Vol. 13, Issue 15. P. 2337. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13152337> [in English].
9. Makhadmeh I.M., Thabet S.G., Ali M., Alabbadi B., Albalasmeh A., Alqudah A.M. (2022). Exploring genetic variation among Jordanian *Solanum lycopersicon* L. landraces and their performance under salt stress using SSR markers. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, Vol. 20, Issue 1. P. 45. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00327-2>. [in English].
10. Olivieri F., Mancini L., Farinon B., Picarella M.E., Mazzucato A. (2026). Reproductive Diversity in Cultivated Tomato (*Solanum lycopersicum* L.): Relationships Among Floral, Fruit and Seed Traits. *Plants*, Vol 15. Issue 6, P. 878. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants15060878> [in English].
11. Villanueva-Gutierrez E.E., Johansson E., Prieto-Linde M.L., Centellas Quezada A., Olsson M.E. (2022). Simple Sequence Repeat Markers Reveal Genetic Diversity and Population Structure of Bolivian Wild and Cultivated Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Genes*, Vol. 13, Issue 9. P. 1505. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes13091505> [in English].
12. Brake M., Al-Qadumii L., Hamasha H., Migdadi H., Awad A., Haddad N., Sadder M.T. (2022). Development of SSR Markers Linked to Stress Responsive Genes along Tomato Chromosome 3 (*Solanum lycopersicum* L.). *BioTech*, Vol. 11, Issue 3. P. 34. DOI: <https://doi.org/10.3390/biotech11030034> [in English].
13. Yatsenko V.V. (2024). Model' sortu chasnyku, rozroblena na osnovi kolektsii henotypiv Umanskoho natsional'noho universytetu sadivnytstva [Garlic variety model developed based on the collection of genotypes of Uman National University of Horticulture]. *Visnyk Umanskoho natsional'noho universytetu sadivnytstva – Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 2. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-18-25> [in Ukrainian].
14. Yatsenko N.V., Yatsenko V.V., Feschenko V.V., Chubko O.P., Nevlad V.I., Ostapchuk V.V. (2024). Adaptivna minlyvist' hibrydiv pomidora u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Adaptive variability of tomato hybrids in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsional'noho universytetu sadivnytstva – Bulletin of the Uman National University of Horticulture*. 2. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-26-33> [in Ukrainian].

ANNOTATION

ADAPTIVE POTENTIAL AND DEVELOPMENT OF A THEORETICALLY JUSTIFIED MODEL OF TOMATO VARIETIES AND HYBRIDS FOR THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

The article presents the results of a long-term study on the adaptive and productive potential of tomato varieties and hybrids under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. The aim of the research was to evaluate yield performance, ecological plasticity, stability, and breeding value of genotypes, as well as to develop a scientifically substantiated model of a variety/hybrid suitable for modern cultivation conditions.

The objects of the study included Ukrainian-bred varieties (Lahidnyi – control, Anita, Aisan, Heizer, Liubymyi, Myroliubivskiyi, Oberih, Khoriv) and hybrids (Vulkan, Daruna, Klasik), which were investigated during 2018–2020 and 2023–2025. It was established that the main limiting factor of productivity was moisture deficiency under conditions of significant interannual variability in precipitation. The most favorable years for yield formation were 2023 and 2025, when average yields reached 57.82–70.40 t/ha. The highest productivity was demonstrated by the varieties Khoriv (63.5 t/ha), Liubymyi (61.5 t/ha), and the hybrids Vulkan (64.7 t/ha) and Klasik (59.9 t/ha), which significantly exceeded the control. Based on adaptability parameters (σ^2d , b_i , KAA, Hom), genotypes with high ecological plasticity and stability were identified, namely Khoriv, Liubymyi, Heizer, Vulkan, Klasik, and Daruna. These genotypes are characterized by a wide reaction norm, the ability to effectively realize their genetic potential under variable environmental conditions, and stable yield formation. It was found that highly productive genotypes exhibit an intensive type of adaptability, while some forms demonstrate stabilizing adaptation. Based on the obtained results, a model of a tomato variety and hybrid was developed, which предусматриває the optimization of morphological and economically valuable traits using regression relationships between plant structural elements. The proposed models ensure yield formation at the level of 55–60 t/ha and higher, improve fruit quality, and increase resource-use efficiency. The research findings have practical significance for breeding and production, as they allow recommending high-yielding and adaptive genotypes for different growing conditions and substantiate directions for further improvement of breeding programs.

Keywords: tomato, yield, adaptability, stability, plasticity, and variety/hybrid model, genotype.

Table 4., Ref. 14.

Інформація про авторів

Яценко Наталія Василівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри овочівництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: ascience@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3752-314X>).

Яценко Вячеслав Васильович, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва Уманського національного університету (вул. Інститутська 1, м. Умань, Україна, 20301; e-mail: slaviksklavin16@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>).

Nataliia Yatsenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Vegetable Growing, Uman National University of Horticulture (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: ascience@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3752-314X>).

Viacheslav Yatsenko, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Crop Production, Uman National University of Horticulture (1 Instytutska St., Uman, Ukraine, 20301; e-mail: slaviksklavin16@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>).

Надходження статті 20.03.26.

Прийнято 03.04.26.

Опубліковано 17.04.26.