

**Н. В. Яценко**

доктор сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри овочівництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vorob2807@gmail.com

В. В. Яценко

доктор філософії,
старший викладач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: slavivsklav16@gmail.com

**В. В. Фещенко**

кандидат сільськогосподарських наук,
директор,
Приватне підприємство «Поділля-Агрохімсервіс»
(м. Умань, Україна)
E-mail: Feshchenkov73@ ukr.net

О. П. Чубко

кандидат сільськогосподарських наук,
заступник директора,
Товариство з обмеженою відповідальністю
«Агротехносоюз» (м. Київ, Україна)
E-mail: Docentne@ukr.net

**В. І. Невлад**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: unus_agrochem@ukr.net

В. В. Остапчук

аспірант,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vasy10304@icloud.com



АДАПТИВНА МІНЛИВІСТЬ ГІБРИДІВ ПОМІДОРА У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Метою передбачалося дослідити прояв адаптивної мінливості гібридів помідора в умовах Лісостепу України. Упродовж 2013–2023 рр. у польових умовах (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E) досліджено шість раніше поширених, а нині перспективних гібридів помідора в зоні Лісостепу Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁, Brightina F₁. Аналіз одержаних даних проведено загальноприйнятими методами польових і статистичних досліджень. Під час проведення досліджень вивчено кількість квіток, ступінь їх зав'язування і відповідно кількість плодів на рослині, середню масу товарного плоду, динаміку формування врожаю та параметри адаптивності за вище вказаними ознаками. У результаті одержаних даних визначено перспективні гібриди з метою отримання високого врожаю для споживання в свіжому вигляді та дешевої сировини для переробної промисловості у Лісостепу України. Виявлено, що даній кліматичній зоні найкраще відповідають гібриди Силует F₁, Bostina F₁ і Brightina F₁ з середньою врожайністю 49,7, 48,9 і 49,8 т/га відповідно до гібриду та великою масою плоду – 97–114 г. У результаті досліджень процесів карпогенезу виявлено, що чим менша кількість квіток утворюється – тим більша ступінь їх зав'язування й середня маса плоду. Найбільша частка зав'язування плодів відзначено в гібриду Bostina F₁ – 89%, в інших – 72–82%. Вивчення ступеня варіювання ознак показало середню варіацію кількості квіток, CV = 14% та слабку кількість плодів, CV = 8%. Проведені дослідження засвідчили, що плоди помідора з найбільшою масою (від 107 до 128 г) утворювалися у 2013, 2014, 2021 і 2023 рр. – з оптимальним зволоженням, а мінімальної маси плоди – у 2015, 2016, 2019 і 2022 рр. – 74–82 г. У середньому істотно більшу масу плоду від стандарту формували гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁, також відзначено два гібриди, які утворювали стабільно великі за масою плоди – Силует F₁ і Bostina F₁. У середньому за період досліджень всі дослідні варіанти достовірно переважали стандарт. Генетико-статистичний аналіз ознаки «урожайність» показав, що гібриди Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁ і Brightina F₁ були стабільними, а гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁, Brightina F₁ адаптивними. Виявлено низьке співвідношення генетичної й екологічної варіації ознак CVG/CVA = 0,36–0,37, що вказує на те, що біологічний потенціал гібридів помідора реалізується неповністю.

Ключові слова: стабільність, пластичність, екологічна варіація, генетична варіація, врожайність, маса плоду.

N. V. Yatsenko

Doctor of Agriculture, Associate Professor,
Head of the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vorob2807@gmail.com

V. V. Yatsenko

PhD in Agriculture,
Senior Lecturer at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: slaviksklavina16@gmail.com

V. V. Feshchenko

PhD in Agriculture,
Director,
Podillia-Agrokhimservis Private Enterprise (Uman, Ukraine)
E-mail: Feshchenkov73@ukr.net

O. P. Chubko

PhD in Agriculture,
Deputy Director,
Agrotechnosoiuz Limited Liability Company (Kyiv, Ukraine)
E-mail: Docentne@ukr.net

V. I. Nevlad

PhD in Agriculture, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: unus_agrochem@ukr.net

V. V. Ostapchuk

PhD student,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vasylo304@icloud.com

ADAPTIVE VARIABILITY OF TOMATO HYBRIDS IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

The purpose was to investigate the manifestation of adaptive variability of tomato hybrids in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. During 2013–2023, six previously common and now promising tomato hybrids were studied in the field (Uman, 48°46'N, 30°14'E) in the forest-steppe zone Knyazhych F₁ (st)*, Silhouette F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Merlis F₁, Brightina F₁. The analysis of the obtained data was carried out by generally accepted methods of field and statistical research. During the research, the number of flowers, the degree of their setting and, accordingly, the number of fruits per plant, the average weight of marketable fruit, the dynamics of crop formation over the decade and the parameters of adaptability according to the above-mentioned characteristics were studied. As a result of the obtained data, promising hybrids were determined, with the aim of obtaining a high yield for fresh consumption and cheap raw materials for the processing industry in the Forest Steppe of Ukraine. It was found that the Silhouette F₁, Bostina F₁ and Brightina F₁ hybrids are best suited to this climatic zone with

an average yield of 49.7, 48.9 and 49.8 t/ha, respectively, and a large fruit weight of 97–114 g. As a result of research of carpogenesis processes, it was found that the smaller the number of flowers formed, the greater the degree of their binding and the average weight of the fruit. The highest percentage of fruit set was noted in the Bostina F_1 hybrid – 89%, in others – 72–82%. The study of the degree of variation of traits showed an average variation in the number of flowers, $CV = 14\%$ and a weak number of fruits, $CV = 8\%$. The conducted studies proved that tomato fruits with the largest mass (from 107 to 128 g) were formed in 2013, 2014, 2021 and 2023 – optimal precipitation, and fruits with the minimum mass – in 2015, 2016, 2019 and 2022 – 74–82 g. The hybrids Silhouette F_1 , Bostina F_1 , and Brightina F_1 had a significantly larger fruit weight on average, and two hybrids that produced consistently large fruits – Silhouette F_1 and Bostina F_1 – were noted. On average, over the period of research, all experimental variants reliably outperformed the standard. Genetic-statistical analysis of the trait "yield" showed that hybrids Silhouette F_1 , Emrero F_1 , Bostina F_1 , and Brightina F_1 were stable, and hybrids Silhouette F_1 , Bostina F_1 , Merlis F_1 , Brightina F_1 were adaptive. A low ratio of genetic and environmental variation of traits $CVG/CVA = 0.36-0.37$ was revealed, which indicates that the biological potential of tomato hybrids is not fully realized.

Key words: stability, plasticity, ecological variation, genetic variation, productivity, fruit weight.

Постановка проблеми. Отримання стабільно високих урожаїв помідорів на продовольчі цілі та для переробки може бути досягнуто впровадженням високопродуктивних гібридів помідора з вивченням рівня реалізації біологічного потенціалу, закладеного селекцією.

Щорічно провідні українські й зарубіжні селекційні фірми, центри й приватні селекціонери «викидають» на ринок виробництва низку нових гібридів помідора з різними господарськими характеристиками (стійкість, урожайність, технологічність і т. п.) «життя» яких становить 5–10 років. У великій кількості нових гібридів важливо вибрати ті, які забезпечать найбільшу рентабельність культури. Тому виникла потреба у вивченні рівня реалізації біологічного потенціалу гібридів помідора за безрозсадної технології у динамічних умовах клімату Лісостепу України для споживання у свіжому вигляді й забезпечення переробної промисловості якомога дешевою сировиною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Нині в глобальному масштабі існує дві основні проблеми – це непропорційне зростання населення, яке потребує більше продуктів харчування й глобальне потепління, яке в одних регіонах сприяє розвитку, а інших – занепаду (що переважає) сільського господарства, яке і повинно забезпечити зростаюче населення сировиною. Прогнози FAO вказують на те, що населення світу зросте на 24% з 7,8 мільярдів до 9,7 мільярдів до 2050 року [1]. Глобальне потепління посилюється [5], і більш високі температури поступово обмежують сільськогосподарське виробництво, особливо в континентальних умовах клімату [3, 4]. Про зниження врожайності томатів на 28% за високих температур повідомлялося в Австралії [5]. Нині є гостра необхідність удосконалення технології вирощування помідорів добром адаптивних генотипів, які будуть високопродуктивними й стабільними у динамічних умовах клімату [6, 7].

Помідор є однією з найпоширеніших і найбільш вживаних людиною овочевою культурою майже в усьому світі, що належить до родини Пасльонових [8, 9]. В основному його використовують для приготування рагу і супів. Урожай томатів має високу поживну цінність і найкраще джерело вітамінів В, С і А, а також смак і універсальне використання [10, 11]. На якість і врожайність плодів помідора значно впливають різні фактори – температур, клімат, хвороби,

комахи і шкідники, тощо [12]. Помідори вирощуються в усьому світі на площі 4,672 млн га і дають виробництво 164,49 млн т, а в Україні вони вирощуються на площі 93 тис. га, що складає 24% від загальної площі під овочами і дають виробництво 1,257 млн т [13]. Зона Лісостепу є сприятливою за комплексом ґрунтово-кліматичних умов для вирощування помідору, але, на жаль, фермери стикаються з багатьма проблемами у виробництві плодів найвищої якості, в першу чергу це пов'язано з недостатньою кількістю розробок технології вирощування, де генотип має ключову роль [14].

Мета статті. Дослідити адаптивно-продуктивний потенціал поширених в Україні, так званих трансконтинентальних гібридів помідора.

Методика дослідження. Експериментальні дослідження здійснювали у 2013–2017 рр. на дослідному полі Уманського НУС (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E).

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом товщиною 40–45 см та вмістом гумусу 1,5%; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв/100 г, насиченість ґрунту основами 90–95%, показник суми ввібраних основ – 24,6 мг.екв/100 г.

З даних таблиці 1 видно, що найбільш вологозабезпеченими і характеризувалися оптимальним температурним режимом періоди вегетації були у 2013, 2014, 2015, 2016 і 2021 рр. За даними метеостанції «Умань», ці роки характеризувалися й рівномірністю розподілу опадів за місяцями, що сприяло формуванню високого рівня врожаю.

У дослідженнях було проведено вивчення адаптивної здатності гібридів помідора за наступною схемою: Княжич F_1 (st)*, Силует F_1 , Emrero F_1 , Bostina F_1 , Мерліс F_1 , Brightina F_1 . Розміщення варіантів у досліді системне. 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). Під час проведення досліджень використано загальноприйняті методики [15].

Генетико-статистична обробка результатів. Більшість методів оцінювання адаптивної здатності ґрунтуються на використанні регресійного аналізу, математична модель якого для визначення стабільності та пластичності сортів була розроблена [16] й доповнена [17]. Для систематизації отриманих результатів використано

ранжування сортів за співвідношенням параметрів пластичності (bi) і стабільності σ^2d :

- 1) $bi < 1, \sigma^2d > 0$ – показує кращий результат за несприятливих умов, нестабільний;
- 2) $bi < 1, \sigma^2d = 0$ – показує кращий результат за несприятливих умов, стабільний;
- 3) $bi = 1, \sigma^2d = 0$ – добре реагує на поліпшення умов, стабільний;
- 4) $bi = 1, \sigma^2d > 0$ – добре реагує на поліпшення умов, нестабільний;
- 5) $bi > 1, \sigma^2d = 0$ – показує кращий результат за сприятливих умов, стабільний;
- 6) $bi > 1, \sigma^2d > 0$ – показує кращий результат за сприятливих умов.

При цьому сорт за показником $bi > 1$ відноситься до групи високопластичних (відносно середньої групової), а за рівня $1 > bi = 0$ – до умовно низькопластичних. Коефіцієнт стабільності – σ^2d , чим він менший, тим стабільнішим є генотип.

Параметр гомеостатичності генотипу (H_{om}) визначався за формулою

$$H_{om} = \frac{\bar{x}^2}{\sigma^2}, \quad (1)$$

де \bar{x} – середнє арифметичне по генотипу; σ – усереднене середьоквадратичне відхилення.

Показник селекційної цінності генотипу розраховувався за формулою

$$(S_c) = \bar{X} \cdot \frac{\bar{X}_{lim}}{\bar{X}_{opt}}, \quad (2)$$

де \bar{X} – середнє арифметичне по генотипу; \bar{X}_{lim} – середнє арифметичне лімітоване (мінімальне значення ознаки); \bar{X}_{opt} середнє арифметичне оптимальне (максимальне значення ознаки).

Для уникнення лінійного артефакту коефіцієнту регресії, було визначено коефіцієнт мультиплікативності (КМ), для порівняння мінливості ознаки. Чим вище числове значення коефіцієнту, тим мінливішою є ознака

$$KM = \frac{\bar{X}_i + bi \cdot y_i}{x_i}, \quad (3)$$

де \bar{X}_i – середнє значення досліджуваної ознаки у i -го генотипу; bi – коефіцієнт регресії i -го

генотипу; y_i – усереднене значення для всіх середніх по всіх генотипах y_i для кожного j -го пункту (року) експерименту.

Індекс екологічної пластичності розраховували за такою формулою:

$$IEП = \frac{\left(\frac{y_{B_1}}{cy_{O_1}} + \frac{y_{B_2}}{cy_{O_2}} + \dots + \frac{y_{B_n}}{cy_{O_n}}\right)}{n}, \quad (4)$$

де $y_{B_1}, y_{B_2}, y_{B_n}$ – значення ознаки у генотипу в різні роки випробувань; $cy_{O_1}, cy_{O_2}, cy_{O_n}$ – середнє значення ознаки генотипів у кожному з варіантів досліді.

Абсолютний коефіцієнт адаптивності (КАА) генотипів визначали за формулою

$$КАА = \frac{(Xic) \times 100 \times X6}{100}, \quad (5)$$

де Xic – середня врожайність сорту за роки випробувань; $X6$ – багаторічна середньосортова врожайність.

Стресостійкість та компенсаторна здатність сортів розрахована за рівняннями [18]:

$$CC = Y_{min} - Y_{max}; \quad (6)$$

$$КЗ = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}, \quad (7)$$

де Y_{min} та Y_{max} – мінімальне і максимальне значення ознаки сорту.

Статистичну обробку отриманих результатів проведено з розрахунком середнього арифметичного (\bar{x}) стандартного відхилення (SD), за допомогою Microsoft Excel 2019. Кореляційні залежності розраховано за допомогою програми Statistica 12.

У досліді було визначено фенотипову, генотипову і екологічну мінливість гібридів [19, 20] за формулами (8–13).

Варіанса генетична:

$$\sigma_G^2 = \frac{CM_p - CM_e}{r}, \quad (8)$$

де CM_p – узагальнене середньоквадратичне значення ознаки популяції; CM_e – узагальнена середньоквадратична похибка; r – кількість повторень.

Таблиця 1

Кліматична карта за період вегетації гібридів помідора (дані метеостанції «Умань»)

Місяць	Рік											
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Опади, мм												
IV	60,0	100,0	69,2	31,8	53,3	17,5	22,4	21,0	49,9	57,7	129,6	
V	82,0	125,5	40,3	114,4	46,4	18,3	35,6	101,0	56,4	22,4	42,4	
VI	70,0	73,0	114,1	73,7	41,0	92,9	33,8	21,4	89,8	28,1	92,5	
VII	75,0	73,0	114,1	73,7	41,0	82,4	69,8	70,4	104,7	36,3	15,8	
VIII	54,4	15,6	17,3	27,9	29,9	2,6	19,2	17,1	69,9	44,4	12,0	
Σ	341,4	387,1	355,0	321,5	211,6	213,7	180,8	230,9	370,7	188,9	292,3	
Температура повітря, °C												
IV	10,9	9,7	8,7	12,3	9,7	13,5	9,6	9,2	7,4	8,6	8,8	
V	18,4	16,1	15,6	14,7	14,8	17,9	17,0	12,5	14,0	14,5	15,4	
VI	20,5	17,5	19,3	20,1	20,0	20,2	23,4	20,9	19,8	20,5	19,6	
VII	20,0	21,5	21,3	21,6	20,6	20,7	20,0	21,6	23,0	21,0	21,3	
VIII	19,8	20,8	21,2	20,7	22,1	22,1	20,7	21,2	20,3	21,7	22,9	

Варіанса екологічна

$$\sigma_A^2 = CM_e \quad (9)$$

Варіанса фенотипова

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_A^2 \quad (10)$$

Коефіцієнт генотипової варіації

$$CVG = \frac{\sqrt{\sigma_G^2 \times 100}}{\bar{x}} \quad (11)$$

Коефіцієнт фенотипової варіації

$$CVF = \frac{\sqrt{\sigma_F^2 \times 100}}{\bar{x}} \quad (12)$$

Коефіцієнт екологічної варіації

$$CVA = \frac{\sqrt{\sigma_A^2 \times 100}}{\bar{x}} \quad (13)$$

Основні результати дослідження. Величина врожаю значно визначається такими показниками, як кількість квіток і плодів на китиці. Дані показники дають можливість спрогнозувати майбутній урожай.

За роки досліджень 2013–2023 рр. найбільша кількість квіток утворювалась на рослинах гібриду Emrero F₁ і становила 19,0 шт/росл., що більше від стандарту на 30% або 4,4 шт/росл., але при цьому відзначено, що ступінь зав'язування плодів був одним з найменших і становив 72,8%, що відповідало найбільшій кількості плодів на одній рослині – 13,8 шт. Гібриди Силует F₁, Brightina F₁, Мерліс F₁ утворювали від 16,1 до 18,9 квіток/росл. ступінь зав'язування яких був у межах 71,9–77,0%. За кількістю плодів на одній рослині відзначено гібриди Emrero F₁ і Мерліс F₁ – 13,8 і 13,5 шт/росл., що більше від стандарту на 15,5 і 13,1% або 1,9 і 1,6 шт/росл. Варіювання кількості квіток було середнім, CV = 14%, а кількості плодів слабким, CV = 8% (рис. 1).

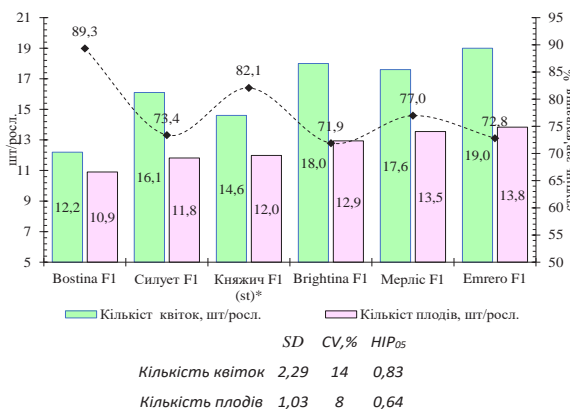


Рис. 1. Кількість квіток і плодів помідора та частка їх зав'язування залежно від гібриду, 2013–2023 рр.

Важливою ознакою характеристики гібриду є маса плоду. Для досліджень були підібрані гібриди з майже однаковими плодами за масою і формою та які користуються попитом. Результати досліджень свідчать, що плоди помідора з найбільшою масою (середній показник за гібридами змінювався від 107 до 128 г) утворювалися

у 2013, 2014, 2021 і 2023 рр. – тобто за оптимального зволоження, а мінімальної маси плоди утворювалися в 2015, 2016, 2019 і 2022 рр. – 74–82 г. У середньому за роки варіювання маси плоду було малим – CV = 9% (рис. 2), мінімальна варіація відзначалася у 2017, 2018, 2019, 2020 рр. – 7–8%, а максимальна в 2013, 2014 і 2023 рр. – 15–16%. Варіювання маси за гібридами було більш істотним від 11% у Brightina F₁ до 26% у Emrero F₁ (табл. 2).

Статистично достовірну більшу масу плоду відносно стандарту утворювали всі гібриди у 2013 році, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁ – у 2014, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2015, Силует F₁ – у 2016, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2017, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2018, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2019, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2020, Emrero F₁, Bostina F₁ – у 2021, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2022, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁ – у 2023 році.

У середньому за роки проведення досліджень достовірно більшу масу плоду формували рослини гібридів Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁. Відзначено два гібриди, які утворювали стабільно великі за масою плоди – Силует F₁ і Bostina F₁, де даний показник відповідно становив 100 і 114 г (рис. 2).

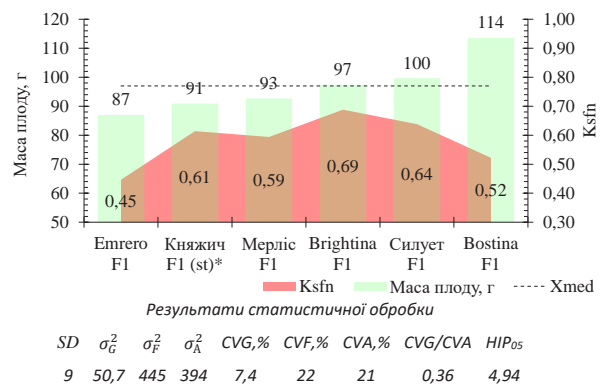


Рис. 2. Маса плоду помідора залежно від гібриду, г (2013–2023)

Статистичні розрахунки показали, що показник екологічної варіації (CVA = 20,5%) був більшим від генетичної (CVG = 7,4%). Очевидно продуктивність досліджуваних гібридів помідора значно залежить від екологічних умов вирощування. Це підтверджує мале відношення CVG/CVA = 0,36 і вказує, що, біологічний потенціал гібридів помідора реалізується недостатньо.

Урожайність та адаптивна здатність гібридів помідора. Урожайність культури – найважливіший показник, за яким визначається ефективність того чи іншого технологічного заходу чи нової технології. Результати досліджень свідчать, що помідор мав досить високу врожайність, чому сприяли створені оптимальні умови вирощування та догляду за культурою. Дані свідчать, що найвищу врожайність гібридів помідора одержували у 2013 (53,5 т/га), 2014

(51,8 т/га), 2018 (56,8 т/га), 2021 (52,8 т/га) і 2023 (53,4 т/га) рр., що зумовлено оптимальними погодними умовами у ці роки. У середньому за роки в абсолютній більшості гібридів відзначено середнє варіювання ознаки «урожайність», CV був у межах від 15 до 20%, лише у гібриду Brightina F₁ урожайність була стабільною і варіювала за роками у межах 9% (табл. 3).

У середньому за період досліджень всі дослідні варіанти достовірно переважали стандарт, врожайність якого була на рівні 43,0 т/га зп HIP₀₅ – 2,43 т/га (рис. 3).

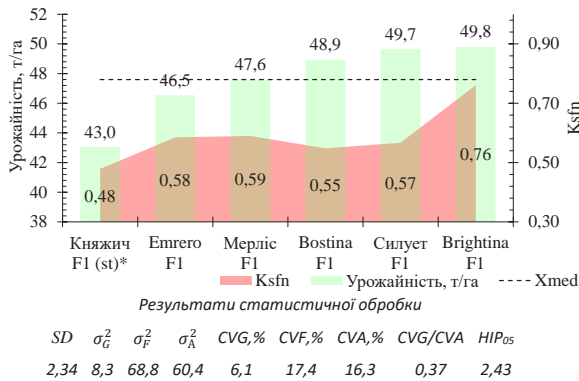


Рис. 3. Середня врожайність й фенотипова стабільність ознаки помідора залежно від гібриду, (2013–2023 рр.) т/га

Обрахунки одержаних даних показали, що фенотипова стабільність збільшувалася зі збільшенням урожайності плодів. Так, гібрид Княжич F₁ (st) був найменш стабільним – Ksfn = 0,48, а гібрид Brightina F₁ – найбільш стабільним – Ksfn = 0,76.

Статистичним аналізом встановлено, що показник екологічної варіації (CVA = 16,3%) був значно більшим від генетичної (CVG = 6,1%), що вказує на істотну залежність рівня врожайності від екологічних умов вирощування, а мале відношення CVG/CVA = 0,37 це підтверджує й вказує,

що біологічний потенціал гібридів помідора реалізується в неповній мірі.

Генетико-статистичний аналіз урожайності генотипів показав, що гібриди Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, і Brightina F₁ були найбільш стабільними (σ^2d). У дослідженні виявлено, що гібриди Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, мали показники пластичності $bi > 1$ і стабільності $\sigma^2d > 0$, що свідчить про вищу продуктивність за сприятливих умов вирощування, але вони були нестабільними. Інші гібриди (Мерліс F₁, Brightina F₁) мали показники $bi < 1$ і $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню здатність давати кращі результати за несприятливих умов, проте вони також були нестабільними (табл. 4).

Гібриди Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁ за показником пластичності (bi) можна віднести до групи інтенсивних, а інші – до групи пластичних. Гібриди помідора дуже рівномірно розподілилися за показником гомеостатичності від 4,5 до 6,0, що підтверджує їх стабільність. Високою селекційною цінністю (Sc) та компенсаторною здатністю (КЗ) відзначився гібрид Brightina F₁. З високим коефіцієнтом адаптивності виділено гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁, Brightina F₁ були кращими – КАА був 1 і більше.

Висновки. Встановлено, що без кліматично орієнтованого розвитку овочівництва, добром гібридів досягти високої продуктивності помідора важко. Проведене вивчення рівня адаптивності різних гібридів помідора до геоекологічних умов умов Лісостепу сприяло виявленню генотипів, що дають можливість отримання дешевої сировини на продовольчі цілі та для переробки – гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁, включені в дослідження, забезпечать урожайність на рівні 48,9–49,8 т/га за безрозсадного способу вирощування. Виявлено, що на забезпечення високої врожайності впливає кількість квіток, ступінь зав'язування, маса плоду та їх кількість. Відзначено гібриди, які формували плоди істотно більшої маси – Силует F₁,

Таблиця 2

Маса плоду помідора залежно від гібриду, г

Гібрид	Рік проведення дослідження											SD	CV, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Княжич F ₁ (st)	92	95	77	84	91	98	77	99	116	71	99	12,3	14
Силует F ₁	104	102	85	97	102	109	82	112	122	78	105	12,8	13
Emrero F ₁	105	104	64	62	81	86	65	88	132	59	111	22,6	26
Bostina F ₁	145	141	92	84	97	106	83	109	158	83	150	28,0	25
Мерліс F ₁	102	101	77	78	92	100	77	98	119	71	105	14,4	15
Brightina F ₁	99	99	92	84	97	104	84	109	119	82	102	10,8	11
Xmed	108	107	81	82	93	101	78	103	128	74	112		
SD	17	16	10	10	7	7	6	8	15	8	17		
CV, %	16	15	12	13	7	7	8	8	11	11	15		
HIP ₀₅	5,50	5,45	4,15	4,16	4,75	5,13	3,97	5,23	6,51	3,77	5,71		

Таблиця 3

Урожайність помідора залежно від гібриду, т/га

Гібрид	Рік проведення дослідження											SD	CV, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Княжич F ₁ (st)	53,8	42	26,9	38,8	33,7	56,2	44,0	43,0	46,5	41,6	47,0	7,90	18
Emrero F ₁	58,4	58,6	39,4	45,7	41,8	49,4	36,5	35,3	58,0	34,3	54,6	9,26	20
Мерліс F ₁	45,2	56,3	36,1	45,2	44,9	56,2	45,0	44,1	48,0	41,2	61,2	7,04	15
Bostina F ₁	48,9	49	33	47,4	41	60,2	44,0	50,0	59,0	48,6	57,3	7,65	16
Силует F ₁	58,2	58,4	34	43,4	45,2	60,0	48,0	50,7	52,0	45,3	51,0	7,33	15
Brightina F ₁	56,4	46,5	46,1	47,2	44,9	59,0	45,6	52,0	53,0	47,7	49,5	4,48	9
Xmed	53,5	51,8	35,9	44,6	41,9	56,8	43,9	45,9	52,8	43,1	53,4		
SD	4,91	6,35	5,91	2,92	4,02	3,70	3,55	5,79	4,63	4,83	4,82		
CV, %	9	12	16	7	10	7	8	13	9	11	9		
HIP ₀₅	2,73	2,64	1,83	2,28	2,14	2,90	2,24	2,34	2,69	2,20	2,73		

Таблиця 4

Параметри адаптивної здатності гібридів помідора за ознакою товарної урожайності, 2013–2024 рр.

Гібрид	X	σ^2d	bi	Hom	Sc	KM	ІЕП	СС	КЗ	КАА
Княжич F ₁ (st)*	43,0	2,81	1,16	4,5	37,2	2,28	0,99	-29	42	0,90
Emrero F ₁	46,5	3,04	1,16	5,2	43,5	2,18	1,07	-24	46	0,98
Мерліс F ₁	47,6	2,65	0,93	5,5	45,5	1,93	1,10	-25	49	1,00
Bostina F ₁	48,9	2,77	1,11	5,8	48,1	2,08	1,13	-27	47	1,03
Силует F ₁	49,7	2,71	1,10	6,0	49,5	2,05	1,15	-26	47	1,04
Brightina F ₁	49,8	2,12	0,54	6,0	49,8	1,52	1,16	-14	52	1,05

і Bostina F₁. Аналіз даних показав, що врожайність за гібридами мала середню варіацію (від 15 до 20%), за виключенням гібриду Brightina F₁, де CV = 9%. Статистичні дослідження сприяли ранжуванню гібридів на дві групи: гібриди Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁ мали параметри пластичності bi > 1 і стабільності $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню кращу продуктивність за сприятливих умов вирощування, але вони нестабільні; гібриди Мерліс F₁, Brightina F₁ мали показники bi < 1 і $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню високу продуктивність за несприятливих умов, проте вони також були нестабільними. У результаті дослідження виділено перспективні гібриди помідора, що забезпечать сталий розвиток овочівництва, населення дешевою продукцією, переробку галузь сировиною.

Література

1. FAO. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome. 2018. 224 pp. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e51e0cf0-4ece-428c-8227-ff6c51b06b16/content>.
2. The IPCC finalized the Synthesis Report for the Sixth Assessment Report during the Panel's 58th Session held in Interlaken, Switzerland from 13–19 March 2023. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

3. Zhao C., Liu, B., Piao, S.L. et al. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2017, 114, 9326–9331.

4. Elazazi E, Ziemis L, Mahmood T, et al. Genotypic Selection Using Quantitative Trait Loci for Better Productivity under High Temperature Stress in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulturae*, 2024, 10(8), 874. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080874>.

5. Alsamir M., Ahmand, N., Ariel V., Mahmood T. Trethiwan R. Phenotypic diversity and marker-trait association under heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Aust. J. Crop Sci.*, 2019, 13, 578–587.

6. Lohani N., Singh M.B., Bhalla P.L. High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop plants. *J. Exp. Bot.*, 2020, 71, 555–568.

7. Janni M., Maestri E., Gulli M., Marmioli M., Marmioli N. Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Front. Plant Sci.*, 2024, 14, 1297569.

8. Vasani M. J., Lunagaría M. M. Influence of Growing Environments on Growth, Phenology and Fruit Yield of Tomato in Semi-Arid Climate of Anand District of Middle Gujarat Region, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 2024, 14(8):627–34. <https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i84382>.

9. Avdikos I.D., Tagiakas R., Tsouvaltzis P., et al. Comparative Evaluation of Tomato Hybrids and Inbred Lines for Fruit Quality Traits. *Agronomy*, 2021, 11, 609. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030609>.

10. Martirosyan H. H., Vardanian I. V., Sargsya G. Zh. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2023, 1229, 012026. DOI:10.1088/1755-1315/1229/1/012026

11. Улянич О.І., Воробйова Н.В., Ковтунюк З.І., Яценко В.В. Виробничо-біологічна оцінка та ефективність вирощування гібридів помідора. *Вісник Уманського НУС*, 2021, 2, 111–125.

12. Bhandari R., Neupane N., Adhikari D. Climatic change and its impact on tomato production in plain area of Nepal. *Environmental Challenges*, 2021, 4, 100129. [10.1016/j.envc.2021.100129](https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100129).

13. WORLD POPULATION REVIEW. Retrieved from: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/tomato-production-by-country>

14. Воробйова Н.В. Адаптивність до умов Лісостепу України та врожайність сортів помідора. *Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 2021, 69, 79–88.

15. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. *Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві*. Харків: Основа, 2001. 369 с.

16. Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.*, 1963, 14, 742–754.

17. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 1966, 6(1), 36–40.

18. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.*, 1981, 21(6), 27–29.

19. Shing M., Ceccarelli S., J. Hambling. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*, 1993, 86, 437–441.

20. Burton G.W., R.W. De Vane. Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 1953, 45, 478–481.

References

1. FAO (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome. 224 pp. Available online: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e51e0cf0-4ece-428c-8227-ff6c51b06b16/content>.

2. The IPCC finalized the Synthesis Report for the Sixth Assessment Report during the Panel's 58th Session held in Interlaken, Switzerland from 13–19 March 2023. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

3. Zhao, C., Liu, B., Piao, S.L., Wang, X.H., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M.T., Yao, Y.T., Bassu, S., Ciais, P. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114: 9326–9331.

4. Elazazi, E., Ziemis, L., Mahmood, T., Eltanger, N., Al-Qahtani, M., Shamsil, N., Al-Kuwari, A., Metwally, M.M., Trethowan, R., Dong, C. (2024). Genotypic Selection Using Quantitative Trait Loci for Better Productivity under High Temperature Stress in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulturae*, 10(8):874. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080874>

5. Alsamir, M., Ahmand, N., Ariel, V., Mahmood, T., Trethowan, R. (2019). Phenotypic diversity and marker-trait association under heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Aust. J. Crop Sci.*, 13: 578–587

6. Lohani, N., Singh, M.B., Bhalla, P.L. (2020). High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop plants. *J. Exp. Bot.*, 71: 555–568.

7. Janni, M., Maestri, E., Gulli, M., Marmioli, M., Marmioli, N. (2024). Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Front. Plant Sci.*, 14: 1297569.

8. Vasani, M. J., Lunagarra, M. M. (2024). Influence of Growing Environments on Growth, Phenology and Fruit Yield of Tomato in Semi-Arid Climate of Anand District of Middle Gujarat Region, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(8): 627–34. <https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i84382>.

9. Avdikos, I.D., Tagiakas, R., Tsouvaltzis, P., Mylonas, I., Xynias, I.N., Mavromatis, A.G. (2021). Comparative Evaluation of Tomato Hybrids and Inbred Lines for Fruit Quality Traits. *Agronomy*, 11, 609. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030609>.

10. Martirosyan, H.H., Vardanian, I.V., Sargsya, G. Zh. (2023). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1229, 012026. DOI:10.1088/1755-1315/1229/1/012026

11. Ulyanich, O.I., Vorobyova, N.V., Kovtunyk, Z.I., Yatsenko, V.V. (2021). Vyrobnychobiologichna otsinka ta efektyvnist vyroshchuvannya hibrydny pomidora [Production-biological assessment and efficiency of growing tomato hybrids]. *Visnyk Umanskoho NUS – Bulletin of the UNUH*, 2: 111–125.

12. Bhandari, R., Neupane, N., Adhikari, D. (2021). Climatic change and its impact on tomato production in plain area of Nepal. *Environmental Challenges*, 4, 100129. [10.1016/j.envc.2021.100129](https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100129).

13. WORLD POPULATION REVIEW. Retrieved from: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/tomato-production-by-country>

14. Vorobyova, N.V. (2021). Adaptyvnist do umov Lisostepu Ukrainy ta vrozhaist sortiv pomidora. [Adaptability to the conditions of the forest-steppe of Ukraine and yield of tomato varieties]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvidomchy tematychny naukovy zbirnyk – Vegetable growing and melon growing: interdepartmental thematic scientific collection*, 2021, 69: 79–88.

15. Bondarenko, G. L., & Yakovenko, K. I. (eds.) (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methodology of experimental research in vegetable growing and melons]*. Kharkiv: Osnova, 369 p.

16. Finlay, K.W., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742–754. Retrieved from https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAS139.pdf

17. Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1): 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x/>

18. Rossielle, A. A., & Hemblin J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6): 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>.

19. Shing, M., Ceccarelli, S., & Hambling J. (1993). Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*, 86(4): 437–441. <https://doi.org/10.1007/BF00838558>.

20. Burton, G. W. & De Vane R. W. (1953). Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*. 45: 478–481. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1953.00021962004500100005x>