

УДК 633.51:631.03(833)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.12>

ВПЛИВ АБІОТИЧНОГО СТРЕСУ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ БАВОВНИКУ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Боровик В.О. – д.с.-г.н., старший науковий співробітник

відділу селекції с.-г. культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0003-0705-2105

Мальцева О.П. – аспірантка відділу селекції с.-г. культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0009-1002-8924

Анотація. Мінімізація негативного впливу несприятливих погодних чинників є одним із ключових завдань технології вирощування бавовнику в умовах Південного Степу України. У зв'язку з цим актуальним є пошук і впровадження альтернативних механізмів підвищення стійкості рослин до стресових умов вирощування. Мета дослідження полягала у відборі колекційних зразків бавовнику, толерантних до кліматичних змін, для подальшого використання в селекції за умов зрошення з обмеженими поливними нормами. Наукові пошуки були спрямовані на відбір зразків, у яких найбільш виразно проявляються механізми підтримання нормального росту й розвитку за посухи. У дослідженні застосовували польові, лабораторні та статистичні методи. Результати, отримані протягом 2023–2024 рр. засвідчили, що рослини, вирощені за зрошення, відрізнялися морфологічними та фізіологічними характеристиками від тих, що росли в умовах дефіциту вологи. За умов зрошення зразки 510у, К 56 та Популяція 3 характеризувалися більшою розвинутою листковою поверхнею (28,96; 26,40 та 26,30 дм²/рослину відповідно), вищим відносним вмістом води (62,21; 61,14 та 62,43 %) і меншою втратою вологи листям (0,28; 0,32 та 0,36 мг). Завдяки цьому вони зберігали більший відсоток коробочок за умов стресу від посухи – 14,11; 10,40 та 10,35 %. Кореляційний аналіз виявив, що температура листя здебільшого пов'язана з висотою рослин і площею листкової поверхні за обох умов вирощування. Водночас відносний вміст води мав позитивний зв'язок із висотою рослин та відсотком збережених коробочок у різних умовах вирощування. Листкова поверхня позитивно корелювала з відносним вмістом води в оптимальних і посушливих умовах, а також із часткою збережених коробочок під час стресу. Натомість втрата вологи листям мала від'ємний зв'язок із цим показником за обох режимів вирощування. Висота рослин також негативно корелювала з відсотком збережених коробочок у різних умовах. Отримані результати можуть стати корисними для селекціонерів під час формування моделі генотипу бавовнику, пристосованого до екологічних стресів у контексті кліматичних змін.

Ключові слова: генотип рослин; тривалість періоду вегетації; толерантність; зрошення; неpolивні умови

Borovyk V., Maltseva O. Influence of Abiotic Stress on Cotton Yield Formation under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Abstract. Minimizing the negative impact of adverse weather conditions is one of the key objectives of cotton cultivation technology in the Southern Steppe of Ukraine. In this regard, the search for and implementation of alternative mechanisms to enhance plant resistance to stress conditions is highly relevant. The aim of the study was to identify collection cotton accessions tolerant to climate change for further use in breeding under irrigation with reduced water rates. The research focused on selecting genotypes exhibiting the most pronounced mechanisms for



© Боровик В.О., Мальцева О.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

maintaining normal growth and development under drought conditions. Field, laboratory, and statistical methods were employed. The results obtained in 2023–2024 demonstrated that plants grown under irrigation differed in morphological and physiological characteristics from those cultivated under moisture deficit. Under irrigation, accessions 510u, K 56, and Population 3 were characterized by a more developed leaf area (28.96, 26.40, and 26.30 dm² per plant, respectively), higher relative water content (62.21, 61.14, and 62.43%), and lower leaf moisture loss (0.28, 0.32, and 0.36 mg). As a result, they maintained a higher percentage of bolls under drought stress conditions (14.11, 10.40, and 10.35%, respectively). Correlation analysis revealed that leaf temperature was mainly associated with plant height and leaf area under both growing conditions. At the same time, relative water content showed a positive relationship with plant height and the percentage of retained bolls under different cultivation conditions. Leaf area positively correlated with relative water content under both optimal and drought conditions, as well as with the proportion of retained bolls under stress. In contrast, leaf moisture loss exhibited a negative correlation with this trait under both irrigation regimes. Plant height also showed a negative correlation with the percentage of retained bolls under different growing conditions. The obtained results may be useful for breeders in developing a cotton genotype model adapted to environmental stresses in the context of climate change.

Key words: plant genetic resources; vegetation period duration; tolerance; irrigation; rainfed conditions.

Постановка проблеми. Зменшити дію несприятливих погодних умов зовнішнього середовища на рослини – основна проблема, яку необхідно вирішувати при вирощуванні бавовнику в умовах Південного Степу України. Оскільки південь України – це одна з північніших зон вирощування бавовнику, великі зрошувальні норми поливу тут, більше 1000 м³/га, вважаються неефективними, так як вони подовжують вегетацію культури, внаслідок чого не встигають відкритися всі коробочки до морозу. Саме тому необхідно використовувати інші механізми подолання стресу рослинами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із способів подолання стресу є створення сортів стійких до посухи. Для цього селекціонер повинен володіти відповідним вихідним колекційним матеріалом.

Науковці M. Janni *et al.* [1] стверджують, що екстремальна температура та посуха впливають на ріст і розвиток рослин. За результатами дослідження S. Zafar *et al.* [2, с. 258-266], серед різних стресів температурний проявляє дуже негативну дію на рослини бавовнику, особливо в період сходів, фази цвітіння рослин та формування коробочок. Вивченню реакції рослин на абіотичний стрес присвячені численні дослідження науковців всього світу. Дослідники довели, що знання про пристосованість бавовнику до абіотичних несприятливих умов і виведення нових сортів стійкого бавовнику мають велике практичне значення.

Вирощування бавовнику стикається з кількома проблемами через зміну кліматичних умов, які зрештою знижують продуктивність культури. На думку M. Naseer *et al.* [3, с. 1125-1137] великої шкоди рослинам бавовнику завдає абіотичний стрес від посухи шляхом формування низьких врожаїв. Також науковцями Zhangjin *et al.* [4, с. 55] доведено, що за дефіциту вологи під час вегетації рослини бавовнику також потерпають від стресу. За результатами дослідження H. Gönen and U. Tan [5, с. 17584], найбільш критичним є період, коли рослина знаходиться у фазі цвітіння. Висока температура шкідлива для пилку, що спричиняє чоловічу стерильність і погіршує його життєздатність, зрештою знижуючи збереження коробочок і негативно впливаючи на кінцевий урожай. Високі температури протягом тривалого часу вегетації бавовнику спричиняє в'янення листя та осипання коробочок, а також знижує фотосинтез. Рослини бавовнику, які піддавалися комбінованому режиму високих денних і нічних температур (20/15, 30/20, 35/25 і 40/30 °C), продемонстрували кращий ріст при 35/25 °C, а більш обмежений – при 40/30 °C.

М. Yousaf *et al.* [6] стверджують, що високі температури значно зменшують висоту рослини, а також кількість вузлів та симподіальних гілок на рослину. Автори D. Saini *et al.* [7, с. 16] припускають, що, ймовірно, це відбувається через зменшення міжвузлової відстані, вмісту хлорофілу та чистого фотосинтезу, що призводить до зменшення доступності фотосинтату. М. Georgieva and V. Vassileva [8, с. 6] стверджують, що існують різні механізми регулювання нормальної вегетації та формування врожаю. На думку R. Shelake *et al.* [9, с. 15] селекція рослин та їх тривале одомашнення зробили сорти сільськогосподарських культур вразливими до багатьох стресових факторів. Дослідники M. Asargew *et al.* [10] установили, що самі рослини виробляють механізми протистояння різним стресам. Вони регулюють ефективне використання води за допомогою продихів, глибокої кореневої системи, яка окрім вологи, допомагає рослині отримувати і поживні речовини із нижніх шарів ґрунту. Тому, на думку R. Kopecká *et al.* [11, с. 7] вивчення механізмів стійкості рослин до стресів для подальшого використання цих знань на практиці – є ключовим моментом сталого розвитку сільського господарства.

З метою меншої залежності сільського господарства від кліматичних умов та їх значного впливу в короткостроковій перспективі, науковці радять використовувати сорти, адаптовані до змін клімату. Для створення таких сортів D. Naseur and H. Sheikh-mhamed [12, с. 1] рекомендують використовувати індекси посухостійкості, що базуються на врожайності рослин, які зрошуються, оскільки T. Ramzan *et al.* [13] вважають, що вода є вирішальним елементом для різних процесів рослин, зокрема для проростання та формування врожаю. Інші автори, Z. Xu *et al.* [14] для боротьби з абіотичним стресом пропонують створювати сорти стійкі до дефіциту води, методом гібридизації з послідуочим багаторазовим добором, шляхом селекції з використанням морфологічних маркерів. Урожайність рослин бавовнику – це комплексна біометрична ознака. Українські науковці R. Vozhehova *et al.* [15, С. 313-318] вважають, що для його збільшення необхідне покращення різних ознак елементів продуктивності шляхом використання для гібридизації вихідного матеріалу, стійкого до змін зовнішнього середовища.

Постановка завдання. Метою досліджень було виділення із колекції зразків, толерантних до зміни клімату для використання їх в подальшій селекції при створенні нових сортів, стійких до абіотичних стресів з чітко вираженими механізмами регулювання нормального росту та розвитку в умовах посухи.

Матеріали і методи досліджень. Експерименти проводили в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук (НААН) впродовж 2023-2024 рр. Предметом досліджень слугували 22 зразки бавовнику. Агротехнічні умови проведення дослідів були загальноприйнятні для Південного Степу України на темно-каштанових середньосуглинкових слабо солонцюватих ґрунтах. Землі Інституту розташовані на правому березі Дніпра, Дніпровського району м. Херсон в зоні Інгулецької зрошувальної системи. Зрошення забезпечувалось поливною водою з річки Інгулець. За аніонним складом вода хлоридно-сульфатна, за DSTU 2730:2015 (2015) відноситься до II класу (обмежено придатна для зрошення). Ґрунт дослідних ділянок – темно-каштановий середньосуглинковий слабкосолонцюватий на карбонатному лесі, типовий для зрошуваної зони півдня України.

У темно-каштанових ґрунтах наступний валовий вміст елементів: азоту – 0,112–0,164%, фосфору – 0,068–0,090 і калію – 2,10–2,33%. Вміст рухомих форм азоту низький, фосфору – середній, калію – середній та підвищений. В орному шарі темно-каштанових ґрунтів міститься 2–3% гумусу, кількість якого з глибиною

поступово зменшується. Ємність поглинання темно-каштанових слабкосолонцюватих ґрунтів становить 30,5 мг-екв/100 г ґрунту, причому на долю кальцію приходить 21,3, магнію – 6,3, натрію – 1,3 та калію – 1,6 мг-екв. В метровому шарі ґрунту найменша вологоємність (НВ) – 21,3%, вологість в'янення (ВВ) – 9,5% від маси сухого ґрунту, щільність будови – 1,41 т/м³, рН водної витяжки орного шару ґрунту дорівнює 6,8–7,2. Підґрунтові води залягають на глибині 18–20 м і практично не впливають на водно-повітряний режим зони активного водообміну. Тобто, фізико-хімічні та водно-фізичні та властивості ґрунтового покриву дослідних ділянок відділу, є задовільними для вирощування бавовнику.

Попередник – озима пшениця. Під передпосівну культивування було внесено 1 ц/га аміачної селітри. Сівбу проводили в першій декаді травня, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягла 18–20 °С. Ділянки однорядкові довжиною 3 м, відстань у рядку між рослинами 15 см. Через кожні 9 номерів розміщували стандарт, в якості якого використовували районований сорт бавовнику Підозерський 4 селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН. Бавовник вирощували за природного зволоження ґрунту (за стресових умов) та за рекомендованої технології – з 2 поливами у період вегетації культури нормою 400 м³ води на гектар. Оцінку за ознаками проводили за методикою V. Volkodav [16] Морфологічний опис, класифікацію за господарськими властивостями робили згідно з довідником роду *Gossypium hirsutum* L. [17, с. 35-49] Дані щодо морфологічних ознак, тобто вимірювання висоти рослини та підрахунок збережених коробочок, отримували під час дозрівання культури. Висоту рослини вимірювали від рівня поверхні ґрунту до верхньої частини рослини. Загальну кількість збережених коробочок було розраховано за наступною формулою M. Iqbal *et al.* [18, с. 113]:

$$BR\% = (BR_o / BR_B) \times 100, \quad (1)$$

де BR% – збережені коробочки; BR_o – сумарна кількість відкритих коробочок, штук; BR_B – сумарна кількість сформованих бутонів.

Вимір площі листя в динаміці у фазу масове цвітіння методом висічок: листки з проби зважували з точністю до другого знаку після коми, спеціальним ключем визначеного діаметру робили висічки. Розрахунок проводився за формулою:

$$S_L = (P \times S_1) / (P_1 \times n) \text{ см}^2, \quad (2)$$

де S – площа листя однієї рослини, см²; P – маса листя всіх (n) рослин, г; S₁ – площа висічок (дисків), см²; P₁ – маса всіх висічок, г; n – кількість відібраних рослин, які складають середній зразок, шт.

Метеорологічні показники, які визначали погодні умови при вирощуванні бавовнику, надані обласним центром з гідрометеорології, місто Херсон. Дослідження фізіологічних параметрів проводились в період цвітіння бавовнику, тобто 28 липня об 11-й годині. Температуру листя у рослин бавовнику вимірювали лазерним термометром. Різницю температур листя та повітря розраховували для кожного зразка рослини на контролі і під впливом стресу за такою формулою [19, с. 14]:

$$\Delta T = T_L - T_A, \quad (3)$$

де T_L – температура листя; T_A – температура повітря.

Відносний вміст води [20, с. 289-292] і втрату води у вирізаних листках [21, с. 571-578] оцінювали за такими формулами:

Відносний вміст води [19] розраховували за формулою:

$$RWC = (C_{вМ} - C_{уМ}) / (TM - C_{уМ}) \times 100, \quad (4)$$

де RWC – відносний вміст води; $C_{вМ}$ – свіжа маса; $C_{уМ}$ – суха маса; TM – тургідна маса.

Витрати вологи листям (Clarke *et al.*, 1986) визначали за формулою:

$$ELWL = (C_{вМ} - 3M) / C_{уМ}, \quad (5)$$

де ELWL – витрати вологи листям; $C_{вМ}$ – свіжа маса листя; 3M – зів'яла маса листя; $C_{уМ}$ – суха маса листя.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виробництво та врожайність бавовнику можна збільшити покращенням фотосинтетичної здатності листя, оптимізацією структури куща, збільшенням загальної кількості накопичення сухої речовини рослинами, а також підвищенням сформованих кількості і маси коробочок на рослину. Як видно з табл. 1, висота зразків у стресових умовах знаходилась у межах 49.2 – 80.5 см, в оптимальних – 59.5 – 99.0 см, тобто на 10.3 – 18.5 см рослини були вищими або на 20.9 – 23.0 %.

Таблиця 1

Морфологічні та фізіологічні показники зразків бавовнику колекційного розсаднику за різних умов вирощування (середнє за 2023-2024 рр.)

№ п/п	Назва зразка	Умови вирощування	Висота Рослин, см	Площа листової поверхні, дм ² /рослину	Температура. листя-повітря, °С	Відносний вміст води, %	Втрата вологи листям, мг	Збережено коробочок, %
1	Підозерський 4, стандарт	S *	64.1	22.90	-0,65	52.01	0.54	9.11
		O*	75.2	25.22	-1,03	69.13	1.05	13.21
2	510у	S	56.5	21.91	-0.33	56.18	0.74	9.68
		O	99.0	29.96	-0.94	62.21	1.35	14.11
3	1718у	S	66.5	19.17	-0.29	45.27	0.45	6.17
		O	78.0	28.25	-0.93	62.90	1.20	9.89
4	К 11	S	62.5	21.14	-0.40	59.37	0.45	8.01
		O	84.5	25.10	-0.50	64.71	0.90	9.50
5	К 103	S	71.0	22.17	-0.19	47.42	0.40	6.23
		O	82.5	25.06	-0.35	61.14	0.87	8.80
6	417у	S	59.0	18.31	-0.01	43.74	0.40	6.39
		O	78.8	25.80	-0.30	58.32	0.83	9.00
7	К 56	S	77.5	19.21	-0.23	52.30	0.61	8.93
		O	82.0	26.40	-0.71	61.14	1.22	10.40
8	К 91	S	57.5	19.11	-0.30	53.89	0.52	7.51
		O	62.5	25.03	-0.96	60.14	1.01	9.80
9	К 111	S	61.6	18.15	0.61	54.79	0.47	5.51
		O	82.5	22.27	0.05	63.11	0.88	8.30
10	Популяція 9	S	59.0	19.19	0.50	56.68	0.55	7.39
		O	85.5	25.40	0.25	60.91	0.98	8.90
11	452у	S	57.1	20.17	-0.30	60.55	0.28	6.88
		O	65.5	25.69	-0.15	55.16	0.72	7.90

Продовження таблиці 1

№ п/п	Назва зразка	Умови вирощування	Висота Рослин, см	Площа листової поверхні, дм ² /рослину	Температура. листя-повітря, °С	Відносний вміст води, %	Втрата вологи листям, мг	Збережено коробочок, %
12	Популяція 3	S	65.3	18.11	-0.19	59.00	0.35	8.08
		O	78.5	26.30	-0.40	62.43	1.26	10.35
13	127/14	S	49.2	17.19	-0.81	50.48	0.62	7.45
		O	59.5	26.65	-0.42	60.90	1.12	9.90
14	3988y	S	71.2	18.29	-0.14	55.24	0.47	7.33
		O	85.3	26.58	-0.40	62.80	0.96	9.20
15	К 103	S	52.1	17.10	0.41	46.50	0.41	7.03
		O	60.4	25.60	0.30	59.12	0.78	8.60
16	501y	S	71.5	18.31	0.16	42.01	0.47	5.30
		O	80.0	25.49	-0.10	58.05	0.65	7.41
17	К 113	S	80.5	17.21	0.31	40.70	0.70	6.80
		O	95.6	25.80	-0.37	59.91	1.10	9.94
18	507y	S	84.9	18.21	1.07	53.07	0.20	6.90
		O	93.5	25.90	-0.44	60.02	0.82	8.34
19	508y	S	78.1	18.16	0.30	54.93	0.36	8.12
		O	91.3	25.03	-0.10	62.23	0.68	9.08
20	509y	S	77.8	22.17	-0.29	54.35	0.30	8.70
		O	76.1	24.36	-0.55	56.24	0.62	9.01
21	500y	S	69.3	18.10	0.28	40.52	0.31	6.60
		O	74.8	26.98	-0.50	59.71	0.46	7.45
22	К 5	S	67.2	17.18	0.27	35.85	0.35	7.02
		O	85.5	25.60	-0.49	53.91	0.80	8.31

Примітка: S* – стресові умови, O* – оптимальні (контрольовані) умови

Тобто, рослини, які вирощувались за оптимальних, зрошуваних контрольованих умов відрізнялись за морфологічними ознаками від рослин, які вегетували на ділянках без поливу в умовах стресу. Згідно з довідником роду *Gossypium hirsutum* L. [17, с. 22] «високою» висотою куша, яка знаходилась у межах 91-105 см та відповідала градації 7 балів, характеризувався лише один зразок – 510y (99 см), який вирощували в оптимальних умовах. «Низьку» висоту (59,5 см) мав 127/14, що відповідає градації 2 або «дуже низька». Площа листової поверхні у зразків бавовнику за контрольованих умов вирощування коливалась у межах 22.27 – 29.56 дм²/рослину, за стресових – 17.10 – 22.17 дм²/рослину.

Найвищі показники площі листової поверхні в оптимальних умовах (на зрошенні) спостерігали у зразків 510y (29.56 дм²/рослину), К 103 (29.06 дм²/рослину), 1718y (28.25 дм²/рослину), 500y (26.98 дм²/рослину), 3988y (26.58 дм²/рослину), у стресових – у стандартного сорту Підозерський 4 (22.29 дм²/рослину), 510y – (21.91 дм²/рослину), К 11 – (21.14 дм²/рослину), К 103 (22.17 дм²/рослину), 452y (20.17 дм²/рослину), 509y – (22.17 дм²/рослину). За оптимальних умов вирощування найвищими параметрами площі листової поверхні характеризувалися стандартний сорт Підозерський 4

(22.90 дм² /рослину) та лінія 510у (29.56 дм² /рослину; за неконтрольованих умов максимальну площу листової поверхні сформували стандартний сорт Підозерський 4 (22.29 дм² /рослину) та зразок 509у (22.17 дм² /рослину). Майже у три рази зменшилась температура листя за зрошуваних умов, у порівнянні з посушливими, у зразків бавовнику 510у (з -0.33 до -0.94 °С), 1718у (з -0.29 до -0.93 °С), 417у (з -0.01 до -0.30 °С) та К 56 (з -0,23 до -0,71 °С), (табл. 2). За оптимальних умов вирощування найнижчі показники температури листя зафіксовано у К 91 – -0.96 °С, найвищі 0.61 °С – у К 111, за стресових – -0,65 °С у стандартного сорту Підозерський 4 та 1.07°С – у 507у, відповідно.

За оптимальних умов вирощування зразки 510у, 1718у, К 11, К 103, К 56, К 111, Популяція 3, 3988у, 508у – мали відносний вміст води в рослинах більше 60.00 %. У Підозерського 4 спостерігались найбільші показники (69.13 %) відносного вмісту води, у вище названих зразків вони знаходились у межах 64.71 – 62.11 %. Найменший вміст води в рослинах мав К 5 – 53.91 %. У той же час діапазон показників цієї ознаки за неполивних умов спостерігали в рослинах у межах від 35.85 до 55.24 %, найнижчий – у генотипі К 5, найвищий – у 3988у (табл. 1). Високі показники витрати вологи листям за оптимальних умов вирощування на поливі було зафіксовано у генотипів: Підозерський 4 (стандарт), 510у, 1718у, К 56, К 91, 127/14, Популяція 3, К 113, найнижчі – у 500у, 501у, 508у, 509у. Коливання вологи у листі відбувалось від 0.46 до 1.35 мг. За умов природного зволоження ґрунту найбільше витрачали води листям зразки 510у, К 56, 127/14, К 113, найменше – генотипи К 103, 417у, 452у, Популяція 3, 507у, 508у, 509у, 500у, К 5 мг та ін. Показники ознаки за умов стресу знаходились у межах 0.20 – 0.74 мг. Найвищий відсоток збережених коробочок за оптимальних умов спостерігався у 510у (14.11 штук), у стандарту Підозерський 4 (13.21 штук), К 56 (10.40 штук) та Популяція 3 (10.30 штук). Найнижчий відсоток збережених коробочок спостерігався у К 111 (7.30 штук). У стресових умовах максимальну кількість коробочок до збору врожаю збереглася у 510у – 9.68 штук. Найнижчий відсоток збережених коробочок під час посухового стресу спостерігався у 501у (5.30 штук) та К 111 (5.51 штук). Діапазон показників досліджуваної ознаки в умовах посухового стресу становив 5.30 – 9.68 (табл. 1).

Кореляційний аналіз між морфологічними та фізіологічними ознаками показує, що більша кількість досліджуваних зразків корелювала з температурою листя з висотою рослин і площею листової поверхні за обох умов вирощування (табл. 2). Ознака відносного вмісту води мала позитивну кореляцію з висотою рослин та відсотком збережених коробочок за обох умов вирощування. Площа листків мала позитивну кореляцію з відносним вмістом води як за оптимальних умов, так і в умовах посухи, та з відсотком збережених коробочок у стресових умовах. Втрата вологи з листя мала негативну кореляцію з відсотком збережених коробочок за обох умов вирощування. Висота рослин негативно корелює з з відсотком збережених коробочок за обох умов вирощування. В умовах зрошення зразки 510у, К 56, Популяція 3, характеризувались високою площею листової поверхні – 28,96; 26,40 та 26,30 дм² /рослину, відповідно, відносним вмістом води – 62,21; 61,14 та 62,43 %, відповідно, і низькою втратою вологи листям – 0,28; 0,32 та 0,36 мг, відповідно, демонструючи загальну кращу збереженість коробочок під час посухового стресу, а саме: 14,11; 10,40 та 10,35 % (табл. 2).

Таблиця 2

Кореляції між ознаками висота рослини (PH), площа листкової поверхні (S_L), температура листя (T), відносний вміст води (RWC), втрата вологи з листя (ELWL), відсоток збережених коробочок (BR, %)

Досліджувані ознаки	умови	PH	S_L	ELWL	BR	RWC
S_L	O*	0,24				
	S*	0,33				
T	O	0,64	0,06			
	S	0,57	0,11			
RWC	O	0,15	0,44	-0,09		
	S	0,20	0,35	0,22		
ELWL	O	0,05	0,07	0,10	-0,32	
	S	0,15	0,03	0,06	-0,07	
BR	O	-0,34	0,24	-0,23	0,23	0,03
	S	-0,12	0,12	-0,46	0,39	0,006

Примітка: оптимальні умови (O*) і умови посухового стресу (S*) у колекційних зразках бавовнику

Одним із способів подолання стресу є створення сортів стійких до посухи та застосування зрошення. Особливо актуальною є ця проблема для умов Південного Степу України, де селекційні дослідження до 1993 року проводились, в основному, за природного зволоження ґрунту. Південь України – це одна з північніших зон вирощування бавовнику. Тому тривалий час вважалося, що бавовник у цій зоні не потрібно поливати, так як при цьому подовжується тривалість вегетації культури і не встигають відкритися всі коробочки до морозів, що спостерігалися у жовтні. Але зміна умов господарювання, клімату у бік потепління, дослідження науковців довели, що бавовник дуже позитивно реагує на зрошення в умовах Південного Степу України. Установлено, що великі зрошувальні норми поливів, більше 1000 м³/га, у цій зоні вважаються неефективними, оскільки подовжують вегетацію культури, внаслідок чого не встигають відкритися всі коробочки до морозу і поливи тут рекомендується проводити зрошуваною нормою від 400 до 800 м³/га, а в окремі дуже жаркі роки – й 1200 м³/га [22, с. 61-67]. Створені сорти бавовнику за таких умов будуть більш толерантними до абіотичного стресу, посухостійкими, формувати високий доморобний врожай.

Як видно з таблиці 2, на зрошенні рослини бавовнику були кращими за морфологічними та фізіологічними ознаками, починаючи з формування висоти рослин і закінчуючи кількістю збережених коробочок до збору врожаю. Цьому сприяє зміна останніми роками клімату, який став ще більш посушливим, про що зазначають вчені, спостерігаючи глобальні його зміни на планеті [23, с. 3-9]. Не виключенням є зміни клімату і в умовах Південного Степу України [24, с. 18-32].

За підсумком ефективних температур вище 10 °С погодні умови 2024 року були дуже високими і склали 1995 °С. Найближчими до цього показника був 2007 (1891 °С), 2010 (1820 °С) та 2012 роки (1947 °С). Температурні умови червня, липня, серпня і вересня у 2023 році були меншими за середні двоохрічні на 1,5, 2,2, 0,1, та 0,5 °С, відповідно. Щодо опадів, то більша їх кількість спостерігалась у 2023 році в липні-серпні (48,6-52,0 мм), а у 2024 році – у вересні (45,9 мм). Отже, погодні умови зони Півдня України є сприятливим для проведення селекційних робіт по створенню посухостійких сортів як для неполивних, так і для умов зрошення, що є актуальним та важливим.

Таблиця 3

**Характеристика погодних умов за температурою повітря (°C)
та кількістю опадів (мм), 2023–2024 рр.**

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °C			Кількість опадів за місяць, мм		
	2023 р.	2024 р.	Середнє	2023 р.	2024 р.	Середнє
Травень	16.1	16.1	16.1	11.8	19.0	15.4
Червень	21.0	24.0	22.5	34.4	18.8	26.6
Липень	24.0	28.3	26.2	48.6	28.3	38.4
Серпень	25.2	25.4	25.3	52.0	19.8	35.9
Вересень	20.3	21.3	20.8	0.10	45.9	23.0

Дані таблиці 1 свідчать, що показники середньої добової температури повітря у 2024 році перевищували 2023 рік у червні на 3,0 °C, у липні – на 4,3, у серпні – на 0,2 і у вересні – на 1,0 °C. Характеристика погодних умов за температурою повітря та кількістю опадів представлені в рис. 1 та 2.

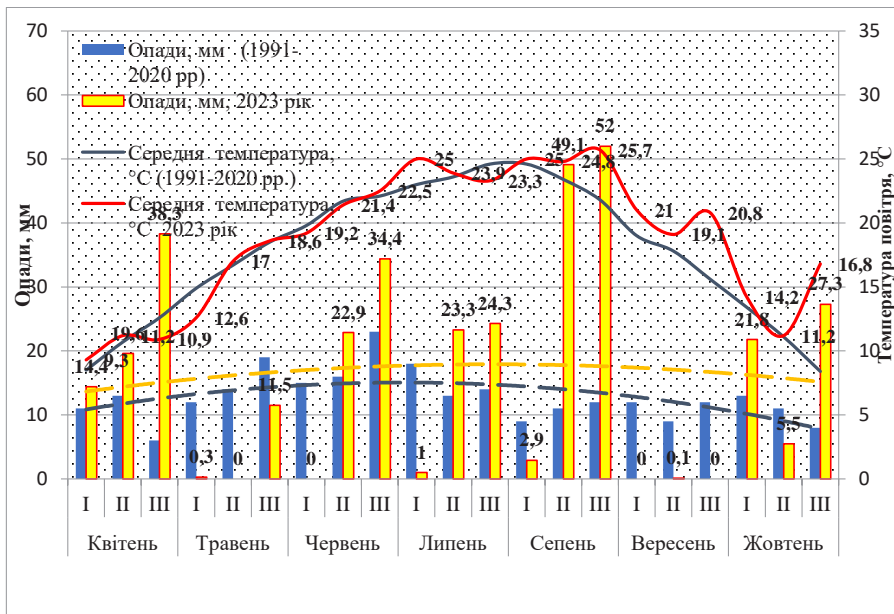


Рис. 1. Температура повітря та опади вегетаційного періоду 2023 р.

Оцінка зразків колекції бавовнику за ознаками висота рослини, площа листової поверхні, температура листя, відносний вміст води, втрата вологи з листя, відсоток збережених коробочок за оптимальних умов і за умов посухового стресу дозволила встановити, що здатність рослини підтримувати нижчу температуру листя в умовах спеки та стресу від посухи сприяє високому відсотку збереження коробочок, що впливає на отримання більшого врожаю [25, С. 9]. У рослин зі здатністю підтримувати прохолодне листя спостерігали вищий відсоток збереження сирцю та стійкість до теплового стресу [26. С. 1]. Тому добір фізіологічно кращих генотипів за умов високотемпературного та посухового стресу доцільно проводити за ознакою

температура листя-повітря ΔT [27]. Морфологічна оцінка зразків показує, що більшість досліджуваних зразків витримують високу температуру, є природно стійкими до теплового стресу. Достовірно відомо, що стрес від посухи зменшує відносний вміст води, що негативно відбивається на проходженні фотосинтезу у рослин бавовнику. У проведеному дослідженні у зразків генотипу з високим відносним вмістом води краще проходив фотосинтез під час посухового стресу. Також, у зразків колекції з вищим відносним вмістом води, до збору врожаю зберігався більший відсоток коробочок і – навпаки, про що свідчить огляд літератури.

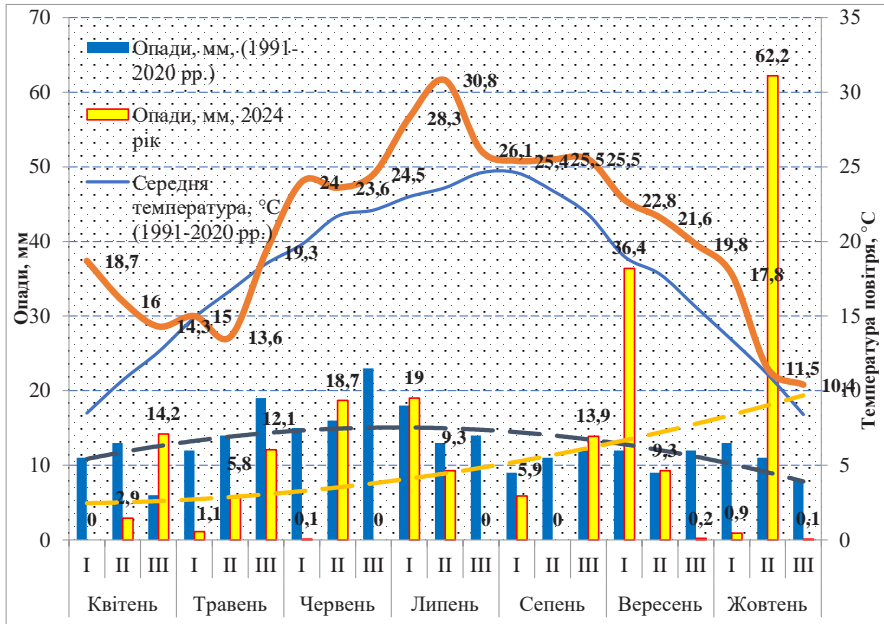


Рис. 2. Температура повітря та опади вегетаційного періоду 2024 р.

Дія досліджуваних факторів на толерантність рослин була перевірена шляхом проведення кореляційного аналізу, де кількість пов'язаних зі стресом транскрипційних факторів продемонструвала значущу та позитивну кореляцію з пов'язаними зі стресом фізіологічними ознаками та збереженням коробочок (табл. 2). Загальні результати показали, що генотипи, які мають більшу кількість пов'язаних зі стресом генів, були стійкими до посухового стресу на фізіологічному рівні та сформували більшу врожайність. Зразки 510у, К 56, Популяція 3 мали високий відносний вміст води, площу листової поверхні і низьку втрату води листям, демонструючи загальну кращу збереженість коробочок до збору врожаю під час посухового стресу. Ці сорти можуть бути використані як вихідний матеріал для селекції посухостійкості та жаростійкості бавовнику за сценарію зміни клімату.

Висновки та пропозиції. Дослідження генотипу бавовнику дозволило ідентифікувати колекційні зразки, у яких найбільш виразно проявлялися механізми адаптації до дефіциту вологи. З'ясовано, що умови зрошення істотно впливали на прояв морфологічних і фізіологічних ознак: рослини мали більшу площу листової поверхні, підвищений відносний вміст води та нижчі показники втрати вологи листям порівняно з тими, що вегетували за умов природної посухи. Це свідчить

про відмінності у стратегіях використання води й регуляції ростових процесів за різних умов вирощування.

Особливу увагу приділено зразкам 510у, К 56 та Популяція 3, які проявили найвищу толерантність до посухового стресу в польових умовах. Вони поєднували розвинену листкову поверхню (28,96; 26,40 та 26,30 $\text{dm}^2/\text{рослину}$), підвищений відносний вміст води в тканинах (62,21; 61,14 та 62,43 %) та низьку втрату вологи листям (0,28; 0,32 та 0,36 мг).

Завдяки поєднанню цих морфофізіологічних ознак зазначені зразки демонстрували вищу стійкість до стресових умов, що виражалося у збереженні більшої кількості коробочок під час посухи – 14,11; 10,40 та 10,35 % відповідно. Кореляційний аналіз підтвердив, що відносний вміст води в тканинах мав позитивний зв'язок із висотою рослин та відсотком збережених коробочок як за оптимальних умов вирощування, так і в умовах водного дефіциту. Це свідчить про комплексний характер адаптаційних механізмів, де водоутримувальна здатність відіграє провідну роль у забезпеченні стійкості бавовнику до посухового стресу та перспективність цих генотипів для селекції сортів, адаптованих до кліматичних змін і обмежених водних ресурсів.

Площа листків позитивно корелювала з відносним вмістом води та відсотком збережених коробочок, тоді як втрата вологи та висота рослин мали негативний зв'язок із збереженістю коробочок за обох умов вирощування.

Перспектива подальших досліджень полягає у використанні отриманого цінного генетичного матеріалу для створення генотипу бавовнику, адаптованого до екологічних стресів за умов зміни клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. 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. *Frontiers in Plant Science*. 2024. 14, article number 1297569. doi: 10.3389/fpls.2023.1297569.
2. Zafar S., Afzal H., Ijaz A., Mahmood A., Ayub A., Nayab A., Hussain S., Ul-Hussan S., Sabir M.A., Zulfiqar U., Zulfiqar F., & Moosa A. (2023). Cotton and drought stress: An updated overview for improving stress tolerance. *South African Journal of Botany*. 2023. 161, 258-266. doi: 10.1016/j.sajb.2023.08.029.
3. Naseer M.A., Nengyan Z., Ejaz I., Hussain S., Asghar M.A., Farooq M., Rui Q., Ullah A., Xiaoli C., & Xiaolong, R. Physiological mechanisms of grain yield loss under combined drought and shading stress at the post-silking stage in maize. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2023. 23, 1125-1137. doi: 10.1007/s42729-022-01108-z.
4. Zhangjin S., Soothar R.K., Shar S.U., Alharthi B., Shaikh I.A., Laghari, M. Suthar J.D., Samoon A., Jamali N.A., Fiaz S., Soomro A.S., Shah T.A., & Ram B.K. Responses of cotton yield and water productivity to irrigation management: Assessment of economic costs, interactive effects of deficit irrigation water and soil types. *Discover Life*. 2025. 55, article number 1. doi: 10.1007/s11084-024-09677-y.
5. Gören H.K., & Tan U. Unraveling the complexities of drought stress in cotton: A multifaceted analysis of selection criteria and breeding approaches. *PeerJ*. 2024. 12, article number e17584. doi: 10.7717/peerj.17584.
6. Yousaf M.I., Hussain Q., Alwahibi M.S., Aslam M.Z., Khalid M.Z., Hussain S., Zafar A., Shah S.A.S., Abbasi A.M., Mehboob A., Riaz M.W., & Elshikh M.S. Impact of heat stress on agro-morphological physio-chemical and fiber related parameters in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes. *Journal of King Saud University – Science*. 2023. 35, article number 102379. doi: 10.1016/j.jksus.2022.102379.
7. Saini D.K., Impa S.M., McCallister D., Gunvant P.B., Nouredine A., Glen R.,

Jaconis S.Y., & Krishna J.S.V. High day and night temperatures impact on cotton yield and quality – current status and future research direction. *Journal of Cotton Research*. 2023. 6, article number 16. doi: 10.1186/s42397-023-00154-x.

8. Georgieva M., & Vassileva V. (2023). Stress management in plants: Examining provisional and unique dose-dependent responses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. 24(6), article number 5105. doi: 10.3390/ijms24065105.

9. Shelake R.M., Wagh S.G., Patil A.M., Červený J., Waghunde R.R., & Kim J.Y. Heat stress and plant-biotic interactions: Advances and perspectives. *Plants*. 2024. 13(15), article number 2022. doi: 10.3390/plants13152022.

10. Asargew M.F., Masutomi Y., Kobayashi K., & Aono M. Water stress changes the relationship between photosynthesis and stomatal conductance. *Science of the Total Environment*. 2024. 907, article number 167886. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167886.

11. Kopecká R., Kameniarová M., Černý M., Brzobohatý B., & Novák J. Abiotic stress in crop production. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. 24(7), article number 6603. doi: 10.3390/ijms24076603.

12. Naceur D.M., & Cheikh-mhamed H. The most relevant drought-tolerant indices for selecting barley drought-tolerant genotypes. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*. 2024. 5(1), 15-23. doi: 10.51753/flsrt.1362571.

13. Ramzan T., Shahbaz M., Maqsood M.F., Zulfiqar U., Saman R.U., Lili N., Irshad M., Maqsood S., Haider A., Shahzad B., Gaafar A.Z., & Haider F.U. Phenylalanine supply alleviates the drought stress in mustard (*Brassica campestris*) by modulating plant growth, photosynthesis, and antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. 201, article number 107828. doi: 10.1016/j.plaphy.2023.107828.

14. Xu Z., Pandey G.K., Ali Z., & Zhang D. Editorial: Molecular basis of stress resistant signal transduction in plants: A biotechnological intervention to develop climate-resilient crops. *Frontiers in Plant Science*. 2024. 15, article number 1356520. doi: 10.3389/fpls.2024.1356520.

15. Vozhehova R.A., Borovyk V., Kokokvikhin S., Billaieva I., Kokokvikhina O., Boiarkina L., Shkoda O. Evaluation of cotton gene pool samples in different years of heat supply in the conditions of the Southern Outhern Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. Vol. LXV, No. 2. P. 313-318. ISSN-L 2285-5785.

16. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ: Алефа. 2001. 76 с.

17. Вожегова Р.А., Рябчун В.К., Боровик В.О., Степанов Ю.О., Малярчук М.П., Лавриненко Ю.О., Біднина І.О., Біляєва І.М. Широкий уніфікований класифікатор-довідник роду *Gossypium hirsutum* (L.). Херсон: Інститут зрошуваного землеробства Національної академії наук. Херсон: Грінь Д.С. 2015. 49 с.

18. Iqbal M., Ul-Allah S., Naeem M., Ijaz M., Sattar A., & Sher A. Response of cotton genotypes to water and heat stress: From field to genes. *Euphytica*. 2017. 213, article number 131. doi: 10.1007/s10681-017-1916-2.

19. Zhang R., Zhou Y., Yue Z., Chen X., Cao X., Ai X., Jiang B., & Xing Y. The leaf-air temperature difference reflects the variation in water status and photosynthesis of sorghum under waterlogged conditions. *PLoS ONE*. 2019. 14, article number e0219209. doi: 10.1371/journal.pone.0219209.

20. Clarke J.M., & Townley-Smith T.F. Heritability and relationship to yield of excised-leaf water retention in durum wheat. *Crop Science*. 1986. 26(2), 289-292. doi: 10.2135/cropsci1986.0011183X002600020016x.

21. Clarke J.M., & McCuaig T.N. Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 1982. 62(3), 571-578. doi: 10.4141/cjps82-086.

22. Вожегова Р., Боровик В., Бояркіна Л., Пілярська О., Степанов Ю., Марченко Т. Вплив зрошення, ширини міжрядь і густоти рослин на врожайність бавовнику *Gossypium hirsutum* (L.) в умовах Південного Степу України. *Віс-*

ник аграрної науки. 2022. Том 100, № 10. С/ 61-67. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-07>.

23. Borzykh O., Bublyk L., Chaika V., Havrylyuk L., Kruk I., Shevchuk O. Neverovska, T., & Bakhmut O. Agroclimatic and agroecotoxicological justification of zonal systems of chemical protection against harmful organisms for field crops under climate change in Ukraine. *Quarantine and Plant Protection*. 2022. 4, 3-9. doi: 10.36495/2312-0614.2022.4.3-9.

24. Lukianchuk N., Bliusyuk L., Bliusyuk N., Kendzora N., & Koliada L. The impact of climate change on the vegetation of woody plants of the Botanical Garden of the National Technical University of Ukraine. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 2024. 27, 18-32. doi: 10.15421/412410.

25. Patil A.M., Pawar B.D., Wagh S.G., Shinde H., Shelake R.M., Markad N.R., Bhute N.K., Červený, J., & Wagh R.S. Abiotic stress in cotton: Insights into plant responses and biotechnological solutions. *Agriculture*. 2024. 14(9), article number 1638. doi: 10.3390/agriculture14091638.

26. Bista M.K., Adhikari B., Sankarapillai L.V., Pieralisi B., Reddy K.R., Jenkins J., & Bheemanahalli, R. Drought and heat stress induce differential physiological and agronomic trait responses in cotton. *Industrial Crops and Products*. 2024. 222(1), article number 119540. doi: 10.1016/j.indcrop.2024.119540.

27. Luqman M., Ahmad M., Dar A., Hussain A., Zulfqar U., Mumtaz M.Z., Mustafa A., Mustafa A.E.-Z.M.A. & Elshikh, M.S. (2025). PGPR and nutrient consortia promoted cotton growth, antioxidant enzymes, and mineral uptake by suppressing sooty mold in arid climate. *Frontiers in Microbiology*. 2025. 16, article number 1551465. doi: 10.3389/fmicb.2025.1551465.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026