



УДК 633.852:631.524

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.16.2026.23>

ОЦІНЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ ВИДІВ РОДУ *HYDRANGEA* L. В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

М. Ю. Осіпов¹, В. В. Поліщук²

Враховуючи стійкі зміни клімату, пошук адаптованих, екологічно пластичних видів для використання в озелененні урбанізованих територій є актуальним та має практичне значення. Метою досліджень було оцінювання адаптивної здатності видів роду *Hydrangea* в умовах Правобережного Лісостепу України. Польові дослідження проводили упродовж 2020–2024 років на базі Уманського національного університету та Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. Визначено, що *H. arborescens*, *H. paniculata* та *H. quercifolia* є добре акліматизованими видами, тоді як *H. macrophylla* є задовільно акліматизованою зі значеннями акліматизаційного числа на рівні 89 та 74, відповідно. У цілому рослини вирізнялися високою зимостійкістю. Лише у рослин *H. macrophylla* упродовж зимового та на початку весни спостерігали обмерзання 50 % довжини однорічних пагонів, тоді як інші види ушкоджень не зазнали. З'ясовано, що більшість досліджених генотипів гортензії характеризується високою пластичністю за ознакою «термін цвітіння – досягання». За покращення умов вологозабезпечення та температурного режиму тривалість даного періоду подовжується. До таких генотипів належать *H. arborescens* Annabelle, *H. arborescens* Arborescens, *H. paniculata* Grandiflora, *H. paniculata* Diamant Rouge, *H. Quercifolia* Alice (коефіцієнт пластичності $b_1 > 1$). Натомість *H. macrophylla* Nikko Blue та *H. macrophylla* Forever and Ever менш чутливо реагують як на покращення, так і на погіршення умов вирощування ($b_1 < 1$). За показниками пластичності та варіанси стабільності генотипи *H. macrophylla* Nikko Blue і *H. macrophylla* Forever and Ever належать до групи, що краще проявляє зміну ознаки «термін цвітіння – досягання» у несприятливих умовах і є нестабільними. До другої групи віднесено *H. arborescens* Annabelle, *H. arborescens* Arborescens, *H. paniculata* Grandiflora, *H. paniculata* Diamant Rouge, *H. Quercifolia* Alice, для яких характерні кращі показники у сприятливих умовах ($b_i > 1$, $S_i^2 > 0$). Рівень стабільності усіх досліджених генотипів був високим та варіював у межах 21,75–66,74. Таким чином визначено, що усі досліджені види гортензії мають добру та задовільну адаптивну здатність та є перспективними для культивування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: пластичність, стабільність, акліматизація, генотип, гортензії.

¹ кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства
(Уманський національний університет, м. Умань)
e-mail: landscape1@meta.ua
ORCID: 0000-0001-7004-1164

² доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри садово-паркового господарства
(Уманський національний університет, м. Умань)
e-mail: valentin7613@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8157-7028

ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE CAPACITY OF *HYDRANGEA* L. SPECIES UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

M. Yu. Osipov, V. V. Polishchuk

Given ongoing climate change, the search for adapted, ecologically plastic species for use in urban landscaping is highly relevant and of practical importance. The aim of this study was to assess the adaptive capacity of species of the genus *Hydrangea* under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field studies were conducted from 2020 to 2024 at Uman National University and the National Dendrological Park "Sofiyivka" of the NAS of Ukraine. It was determined that *H. arborescens*, *H. paniculata*, and *H. quercifolia* are well acclimatized species, whereas *H. macrophylla* is moderately acclimatized, with acclimatization indices of 89 and 74, respectively. Overall, the plants exhibited high winter hardiness. Frost damage affecting up to 50% of the length of annual shoots was observed only in *H. macrophylla* during winter and early spring, while no damage was recorded in the other species. It was found that most of the studied hydrangea genotypes are characterized by high plasticity with respect to the "flowering-ripening period." Under improved moisture supply and temperature conditions, the duration of this period increases. The following genotypes belong to this group: *H. arborescens* 'Annabelle', *H. arborescens* 'Arborescens', *H. paniculata* 'Grandiflora', *H. paniculata* 'Diamant Rouge', and *H. quercifolia* 'Alice' (plasticity coefficient $b_1 > 1$). In contrast, *H. macrophylla* 'Nikko Blue' and *H. macrophylla* 'Forever and Ever' are less responsive to both improvements and deteriorations in growing conditions ($b_1 < 1$). Based on plasticity and stability variance (S_i^2), the genotypes *H. macrophylla* 'Nikko Blue' and *H. macrophylla* 'Forever and Ever' belong to a group that shows greater changes in the "flowering-ripening period" trait under unfavorable conditions and is characterized by low stability. The second group includes *H. arborescens* 'Annabelle', *H. arborescens* 'Arborescens', *H. paniculata* 'Grandiflora', *H. paniculata* 'Diamant Rouge', and *H. quercifolia* 'Alice', which demonstrate better performance under favorable conditions ($b_1 > 1$, $S_i^2 > 0$). The stability level of all studied genotypes was high, ranging from 21.75 to 66.74. Thus, it was determined that all studied hydrangea species exhibit good to satisfactory adaptive capacity and are promising for cultivation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: plasticity, stability, acclimatization, genotype, hydrangeas.

Вступ

Рослини постійно стикаються з біотичними та абіотичними стресами, які негативно впливають на їх ріст, розвиток та розмноження. У відповідь на дію стресових факторів у них виникають складні механізми адаптації, які проявляються на клітинному, молекулярному та морфологічному рівнях. Ці механізми включають фізіологічні зміни, що надають організму стійкості або резистентності (Dixit et al., 2024; Martinez-Lorente et al., 2024; Lahlali et al., 2025).

Глобальне потепління, яке визначає локальні зміни кліматичних умов істотно впливає на ріст та розвиток рослин за рахунок зміни середніх температурних показників і кількості опадів, що призводить до різного прояву фенотипу (Kumar et al., 2022; Zhou et al., 2022; Janni et al., 2024). Тому, виокремлення сортів, які мають високу екологічну пластичність та стабільність дозволило б залучити їх для створення нових морозостійких та посухостійких видів. Адаптивність є результатом епігемно закріпленої адаптації визначеного виду до нових,

невластивих для природного ареалу, кліматичних умов (Яцик та ін., 2017). Адаптація залежить від ступеня пластичності виду. Адаптивна пластичність дозволяє генотипу мати ширшу толерантність до умов навколишнього середовища та, відповідно, вищу пристосованість до умов середовища (Ghalambor et al., 2007; Mata et al., 2022; Van Heerwaarden et al., 2024).

Поняття адаптації надзвичайно широке за змістом та визначає зміни, які ведуть систему до набуття та закріплення у ній антиентропійних процесів, що сприяють самовідновленню, стабілізації і подальшого розвитку (Малиновський, 2012; Khelalfa & Khelalfa, 2024). Адаптація виду виникає у результаті впливу чинників мінливості та природного добору, а при взаємозв'язку з селекцією є одним з головних факторів розвитку екологічної стратегії сучасних і майбутніх технологій культивування культур (Macel et al., 2007; Вожегова та ін., 2023).

Матеріал і методи

Полеві дослідження з оцінювання генотипів гортензії проводили упродовж

2020–2024 років в Уманському національному університеті та у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України.

Оцінку адаптивної здатності проводили відповідно до загальноприйнятої методики (Шкіндер-Барміна, 2010). Акліматизаційне число розраховували для чотирьох видів гортензій: *H. arborescens*, *H. paniculata*, *H. quercifolia* та *H. macrophylla*. Для Ступінь щорічного визрівання пагонів оцінювали за шкалою: I – пагони визрівають повністю на 100 % довжини (20); II – пагони визрівають неповністю на 75 % довжини (15); III – пагони визрівають неповністю на 50 % довжини (10); IV – пагони визрівають неповністю на 25 % довжини (5); V – пагони не визрівають (1). Зимостійкість за шкалою: I. – пошкоджень немає (25); II. – обмерзає менше 50 % довжини однорічних пагонів (20); III. – обмерзає 50-100 % довжини однорічних пагонів (15); IV. – обмерзають дворічні і старіші частини рослин (10); V. – обмерзає крона до рівня снігового покриву (5); VI. – обмерзає вся надземна частина (3); VII. – рослина цілком замерзає (1). Габітус рослини оцінювали за шкалою: I – рослини зберігають властиву їм у природних умовах життєву форму (10); II – більш-менш підмерзають, але відновлюють надземну частину до попередньої висоти і об'єму (5); III – не зберігають характерну для них у природі форму росту, оскільки щорічно підмерзають у ранньому віці (1). Пагонотвірну здатність оцінювали за шкалою: I. – висока - 6 і більше пагонів на одному дворічному пагоні (5); II. – середня - 3-5 пагонів на одному дворічному пагоні (3); III – низька - 2 пагони на одному дворічному пагоні (1). Регулярність росту пагонів визначали за наявністю або відсутністю щорічного приросту основних пагонів із врахуванням віку рослин (щорічний приріст – 5 балів, не щорічний – 2). Здатність рослин до генеративного розвитку визначали за шкалою: I – насіння визріває (25); II. – рослини цвітуть, але плоди не дозрівають (20); III. – рослини цвітуть, але плоди не зав'язуються (15); IV. – не цвітуть (1). Можливі способи розмноження у районі інтродукції оцінювали за шкалою: I – самосів (10); II – штучний посів (7); III – природне вегетативне розмноження (5); IV – штучне вегетативне розмноження (3); V – рослини, які завезені ззовні (1).

У результаті оцінювання семи показників отримували акліматизаційне число, де $A = 100$ відповідає повній акліматизації; $A = 80$ – добрий; $A = 60$ – задовільний;

$A = 40$ – слабкий; $A = 20$ – відсутності акліматизації.

Клімат території дослідження - помірно-континентальний з середньорічною температурою повітря $+7,0-7,7^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою повітря $5,6-6,1^{\circ}\text{C}$ нижче нуля, а найбільш теплим – липень з середньою температурою $+19,2-20,8^{\circ}\text{C}$. Територія дослідження знаходиться у зоні нестійкого зволоження. Середня кількість опадів за рік становить $470-490$ мм, з яких $300-310$ мм випадає у період з температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$.

Ґрунти території - чорноземи опідзолені важкосуглинкові з грудкувато-пилуватою структурою. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту складає $3,31\%$. Гумусовий профіль становить $0-39$ см.

Експериментальні дані опрацьовували методом дисперсійного аналізу за Фішером (Fisher, 2006) із застосуванням програмного забезпечення Statistica 6.0 та відповідних методичних рекомендацій (Ермантраут та ін., 2007).

Результати та їх обговорення

Оцінку адаптивності видів гортензії проводили за методикою М. А. Кохна (Кохно і Курдюк, 1994). З'ясовано, що *H. arborescens*, *H. paniculata* та *H. quercifolia* відносяться до добре акліматизованих рослин зі значенням акліматизаційного числа на рівні 89, а гортензія *H. macrophylla* – до задовільнено акліматизованих (табл. 1).

Відповідно до проведених досліджень, ступінь щорічного визрівання пагонів рослин становить 100% довжини. Зимостійкість рослин – висока. Упродовж зимового та ранньовесняного періоду лише у рослин *H. macrophylla* спостерігали обмерзання довжини однорічних пагонів на 50% . У інших видів пошкоджень не було. Упродовж вегетації усі види гортензії зберігали властиву їм у природних умовах життєву форму та характеризувалися середньою здатністю до пагоноутворення. Рослини здатні утворювати насіння та розмножуватися генеративним і вегетативним способами.

Пластичність та стабільність видів роду *Hydrangea* визначали за терміном цвітіння. Визначено, що переважна більшість досліджених генотипів гортензії має високу пластичність за ознакою «термін цвітіння – досягання» і за покращення умов вологозабезпечення та температурного режиму тривалість періоду цвітіння-досягання подовжується (табл. 2).

До цієї групи рослин віднесено *H. arborescens Annabelle*, *H. arborescens Arborescens*, *H. paniculata Grandiflora*, *H. paniculata Diamant Rouge*, *H. Quercifolia Alice* з коефіцієнтом пластичності $b_i > 1$, а у генотипів *H. macrophylla Nikko Blue* та *H. macrophylla Forever and Ever*, які менше реагували як на покращення так і на погіршення умов вирощування культури, коефіцієнт пластичності $b_i < 1$. Тобто, до першої групи за коефіцієнтом пластичності і варіансою стабільності віднесено генотипи: *H. macrophylla Nikko Blue* та *H. macrophylla Forever and Ever* з показниками $b_i < 1$, $Si^2 > 0$. Тобто, дані генотипи характеризуються кращим результатами зміни ознаки «термін цвітіння – досягання» у несприятливих умовах і є нестабільними.

До другої групи віднесено види та сорти *H. arborescens Annabelle*, *H. arborescens*

Arborescens, *H. paniculata Grandiflora*, *H. paniculata Diamant Rouge*, *H. Quercifolia Alice*, у яких коефіцієнт пластичності $b_i > 1$, а варіанта стабільності $Si^2 > 0$, тобто вони характеризуються кращими результатами у сприятливих умовах. Ступінь стабільності усіх генотипів був високим коливався у межах 21,75–66,74.

Обговорення

Екологічна пластичність відображає середню реакцію генотипу на зміну умов середовища, а стабільність – відхилення емпіричних даних у кожному середовищі від середньої реакції. Стабільність селекційних матеріалів – це здатність генетично однорідних сортів або порід зберігати свої відмінні ознаки упродовж кількох поколінь, незалежно від умов вирощування. Вона залежить від генетичної однорідності, високої гетерозиготності, правильної класифікації та обліку генетичних особливостей (Марухняк

Таблиця 1

Оцінка адаптивності видів гортензії за основними показниками в умовах Правобережного Лісостепу (середнє за 2021-2024 рр.)

Показники	Види гортензії			
	<i>H. arborescens</i>	<i>H. paniculata</i>	<i>H. quercifolia</i>	<i>H. macrophylla</i>
Ступінь щорічного визрівання	20	20	20	20
Зимостійкість	25	25	25	15
Посухостійкість	3	3	3	3
Габітус рослин	10	10	10	5
Пагонотвірна здатність	3	3	3	3
Здатність рослин до генеративного розвитку	25	25	25	25
Можливі способи розмноження	3	3	3	3
Акліматизаційне число	89	89	89	74

Таблиця 2

Стабільність та пластичність видів гортензії за періодом «цвітіння-досягання»

Вид, сорт гортензії	Тривалість періоду цвітіння (початок-закінчення)					Коефіцієнт пластичності, b_i	Ступінь стабільності, S_d
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.	X		
<i>H. arborescens Annabelle</i>	102	105	106	110	105,8	1,18	55,63
<i>H. arborescens Arborescens</i>	101	109	110	112	108,0	1,21	66,74
<i>H. paniculata Grandiflora</i>	118	119	119	122	119,5	1,19	56,67
<i>H. paniculata Diamant Rouge</i>	120	122	121	124	121,8	1,20	64,35
<i>H. quercifolia Alice</i>	112	114	114	115	113,8	1,00	36,45
<i>H. quercifolia</i>	110	115	115	117	114,3	1,11	37,52
<i>H. macrophylla Nikko Blue</i>	84	87	88	91	87,5	0,99	22,35
<i>H. macrophylla Forever and Ever</i>	85	88	90	92	88,8	0,98	21,75
Середнє	104,0	107,4	107,9	110,4	107,4	-	-
HP_{05}	2,1	2,2	2,1	2,0	2,1	-	-

та ін., 2017). Стабільність та пластичність господарсько-біологічних ознак сортозразків зумовлені здатністю генетичних механізмів рослин зводити до мінімуму наслідки негативного впливу навколишнього середовища (Рибальченко, 2021).

Посуху вважають основним фактором, який істотно впливає на ріст та життєздатність рослин в умовах міста, впливаючи як на їх фізіологію, зокрема зниження водного потенціалу листя, закриття продихів, зниження асиміляції CO₂ тощо, так і на біохімію листя - зниження хлорофілу, збільшення виробництва вторинних метаболітів (Detti et al., 2024). Реакція рослин на стрес від посухи включає взаємодію різних фізіологічних та біохімічних параметрів, які можна використовувати як маркери для ідентифікації толерантних видів (Alvarez et al., 2018). Реакції рослин на посуху різні та взаємопов'язані. Пластичність рослин до стресу, спричиненого посухою, варіюється в межах родів, видів (Torrecillas et al., 2003; Toscano et al., 2019) та сортів.

Дослідженнями визначено, що значна кількість генетичного різноманіття *H. quercifolia* у природному ареалі поширення, пояснюється адаптацією до різних факторів навколишнього середовища, окрема опадами та температурними змінними (Sherwood et al., 2023). Рослини пригнічено ростуть на сухих ділянках без додаткового поливу у періоди дефіциту опадів (Bauske et al., 2022).

Згідно отриманих нами результатів досліджень більшість досліджених генотипів гортензії має високу пластичність за ознакою «термін цвітіння – досягання» і за покращення умов вологозабезпечення та температурного режиму тривалість періоду цвітіння-досягання подовжується, що узгоджується з попередньо проведеними дослідженнями.

Дослідженнями (Reed, 2002) встановлено, що продуктивність цвітіння *H. macrophylla* залежала від генотипу та кліматичних умов. Зниження інтенсивності цвітіння пов'язують з пошкодженням надземних частин рослин внаслідок поєднання ранніх осінніх заморозків, низьких зимових температур та пізніх весняних заморозків. Зокрема визначено, що рослини з більшими вимогами до охолодження можуть повільніше реагувати на теплі температури наприкінці зими та на початку весни, що обумовлює меншу схильність до пошкоджень від пізньовесняних заморозків.

Згідно спостережень рослини *H. macrophylla* єдині серед досліджених мали ознаки істотного обмерзання пагонів, що ймовірно могло вплинути на тривалість їх цвітіння, яка була найменшою та коливалася у межах 84–92 днів, залежно від умов року та генотипу.

Таким чином визначено, що стійкість виду є генетично обумовленою та може змінюватися у результаті впливу факторів навколишнього середовища, однак, залишається недостатньо вивченим питання комплексного впливу стресових факторів (посухи, коливання температур, забруднення повітря) на пластичність та стабільність генотипів роду *Hydrangea*, взаємозв'язок між фенологічними фазами розвитку та стійкістю виду, що обумовлює перспективу подальших досліджень.

Висновки

Оцінювання адаптивної здатності чотирьох видів гортензій (*H. arborescens*, *H. paniculata*, *H. quercifolia* та *H. macrophylla*) в умовах Правобережного Лісостепу України проводили відповідно до розрахованого акліматизаційного числа. Визначено, що *H. arborescens*, *H. paniculata* та *H. quercifolia* є добре акліматизованими видами (акліматизаційне число – 89), тоді як *H. macrophylla* можна віднести до задовільно акліматизованих. Досліджені види у переважній більшості відзначалися високою зимостійкістю. Проте, упродовж зимового та ранньовесняного періоду у *H. macrophylla* спостерігали підмерзання однорічних пагонів приблизно на 50 %, тоді як інші види ушкоджень не зазнали. За показниками пластичності та варіанси стабільності ($S_i^2 > 0$) генотипи *H. macrophylla* *Nikko Blue* і *H. macrophylla* *Forever and Ever* належать до групи, що краще проявляє зміну ознаки «термін цвітіння – досягання» у несприятливих умовах, але є менш стабільною. Іншу групу становлять *H. arborescens* *Annabelle*, *H. arborescens* *Arborescens*, *H. paniculata* *Grandiflora*, *H. paniculata* *Diamant Rouge* та *H. quercifolia* *Alice*, для яких характерні кращі показники у сприятливих умовах ($b_i > 1$, $S_i^2 > 0$). Рівень стабільності усіх досліджених генотипів був високим та коливався у межах 21,75-66,74. Враховуючи отримані результати досліджень, перспективним є поглиблене вивчення комплексного впливу стресових факторів, зокрема посухи, температурних коливань, загазованості повітря, на пластичність та стабільність генотипів роду *Hydrangea*, що сприятиме більш обґрунтованому добору стійких та високодекоративних форм для використання в озелененні.

Список використаної літератури

- Вожегова Р., Тищенко А., Тищенко О., Пілярська О., Фундират К., Коновалова В. Формування стійкості рослин насінневої люцерни в умовах різного екологічного градієнта. *Вісник аграрної науки*. 2023. Вип. 101. № 3. С. 53–62. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08>.
- Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. А. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.
- Кохно М. А., Курдюк А. М. Теоретичні основи та досвід інтродукції деревних рослин в Україні. К.: Наукова думка, 1994. 184 с.
- Малиновський А. К. Адаптації біосистеми: проблеми методології досліджень. *Наукові записки державного природознавчого музею*. 2012. Вип. 28. С. 25–40.
- Марухняк А. Я., Дацько А. О., Лісова Ю. А., Марухняк Г. І. Пластичність і стабільність кількісних ознак продуктивності голозерних зразків вівса. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 80–90.
- Рибальченко А. М. Пластичність та стабільність господарських ознак колекційних зразків сої. *Зрошуванеземлеробство*. 2021. № 76. С. 69–74. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.76.13>.
- Шкіндер-Барміна А. М. Зимо- та морозостійкість сортів вишні (*Cerasus vulgaris* Mill.) в умовах півдня Степу України. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 100. С. 255–263.
- Яцик Р. М., Гайда Ю. І., Гудима В. М. Основи інтродукції та адаптації деревно-кущових видів рослин. Івано-Франківськ: НАІР, 2017. 175 с.
- Alvarez S., Rodriguez P., Broetto F., Sanchez-Blanco M.J. Long term responses and adaptive strategies of *Pistacia lentiscus* under moderate and severe deficit irrigation and salinity: Osmotic and elastic adjustment, growth, ion uptake and photosynthetic activity. *Agric. Water Manag.* 2018. Vol. 202. P. 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.006>.
- Bauske E., Pennisi B., Braman K., Buck J. Native Plants, Drought Tolerance, and Pest Resistance. University of Georgia and Fort Valley State University. 2022. [Electronic resource] URL: https://fieldreport.caes.uga.edu/wp-content/uploads/2025/08/C-1122_6.pdf (access date 17.03.2026).
- Deti C., Gori A., Azzini L., Nicese F. P., Alderotti F., Piccolo E. L., Stella C., Ferrini F., Brunetti C. Drought tolerance and recovery capacity of two ornamental shrubs: Combining physiological and biochemical analyses with online leaf water status monitoring for the application in urban settings. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2024. Vol. 216. P. 109208. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109208>.
- Dixit S., Sivalingam P.N., Baskaran R.M., Senthil-Kumar M., Ghosh P.K. Plant responses to concurrent abiotic and biotic stress: Unravelling physiological and morphological mechanisms. *Plant Physiol.* 2024. Vol. 29. P. 6–17. <https://doi.org/10.1007/s40502-023-00766-0>.
- Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
- Ghalambor C. K., McKay J. K., Carroll S. P., Reznick D. N. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. *Functional ecology*. 2007. Vol. 21. № 3. P. 394–407. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01283.x>.
- Janni M., Maestri E., Gulli M., Marmiroli M., Marmiroli N. Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: a critical review. *Frontiers in plant science*. 2024. Vol. 14. P. 1297569. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1297569>.
- Khelalfa H., Khelalfa K. Stability Criteria in Plant Structures. *Revista Romana de Inginerie Civila*. 2024. Vol. 15. № 4. С. 1–12. <https://doi.org/10.37789/rjce.2024.15.4.13>.
- Kumar L., Chhogyel N., Gopalakrishnan T., Hasan M. K., Jayasinghe S. L., Kariyawasam C. S. «Chapter 4 - Climate change and future of agri-food production» *Future foods*. 2022. P. 49–79. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00009-8>.
- Lahlali R., Laasli S. E., Ait Barka E. Plant responses to biotic and abiotic stresses: From cellular to morphological changes - Series II. *Agronomy*. 2025. Vol. 15. № 1. P. 229. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010229>.
- Macel M., Lawson C. S., Mortimer S. R., Smilauerova M., Bischoff A., Cremieux L., Steinger T. Climate vs. soil factors in local adaptation of two common plant species. *Ecology*. 2007. Vol. 88. № 2. С. 424–433. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2007\)88\[424:CVSFIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2007)88[424:CVSFIL]2.0.CO;2).
- Martinez-Lorente S.E., Marti-Guillen J.M., Pedreno M.A., Almagro L., Sabater-Jara A.B. Higher Plant-Derived Biostimulants: Mechanisms of Action and Their Role in Mitigating Plant Abiotic Stress. *Antioxidants*. 2024. Vol. 13. P. 318. <https://doi.org/10.3390/antiox13030318>.
- Mata R., Zas R., Bustingorri G., Sampedro L., Rust M., Hernandez-Serrano A., Sala A. Drivers of population differentiation in phenotypic plasticity in a temperate conifer: A 27-year study. *Evolutionary Applications*. 2022. Vol. 15. № 11. P. 1945–1962. <https://doi.org/10.1111/eva.13492>.
- Reed S. M. Flowering performance of 21 *Hydrangea macrophylla* cultivars. *Journal of Environmental Horticulture*. 2002. Vol. 20. № 3. P. 155–160. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-20.3.155>.

Sherwood A., Alexander L. W., Clark M. D., Wu X., Hokanson S. C. Precipitation, temperature, and population structure influence genetic diversity of oakleaf hydrangea throughout its native range. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2023. Vol. 148. № 1. P. 29–41. <https://doi.org/10.21273/JASHS05255-22>.

Torreillas A., Rodriguez P., Sanchez-Blanco M.J. Comparison of growth, leaf water relations and gas exchange of *Cistus albidus* and *C. monspeliensis* plants irrigated with water of different NaCl salinity levels. *Sci. Hortic.* 2003. Vol. 97. P. 353–368. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00161-9).

Toscano S., Ferrante A., Romano D. Response of Mediterranean ornamental plants to drought stress. *Horticulturae*. 2019. Vol. 5. № 1. P. 6. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010006>.

Van Heerwaarden B., Sgro C., Kellermann V. M. Threshold shifts and developmental temperature impact trade-offs between tolerance and plasticity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2024. Vol. 291. № 2016. <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.2700>.

Zhou Y., Xu F., Shao Y., He J. Regulatory mechanisms of heat stress response and thermo morphogenesis in plants. *Plants*. 2022. Vol. 11. P. 3410. <https://doi.org/10.3390/plants11243410>.

References

Vozhehova, R., Tyshchenko, A., Tyshchenko, O., Piliarska, O., Fundyrat, K., & Konovalova, V. (2023). Formuvannya stiiikosti roslyn nasinnievoi liutserny v umovakh riznogo ekolohichnoho hradianta [Formation of resistance of alfalfa seed plants under different ecological gradients]. *Visnyk ahraryoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, 101 (3), 53–62. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08> [in Ukrainian].

Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6. Metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6. Methodological guidelines]. Kyiv, 55 [in Ukrainian].

Kokhno, M. A., & Kurdiuk, A.M. (1994). Teoretychni osnovy ta dosvid introduktsii derevnykh roslyn v Ukraini [Theoretical foundations and experience of introducing woody plants in Ukraine]. K.: Naukova dumka, 184 [in Ukrainian].

Malynovskyi, A. K. (2012). Adaptatsii biosystemy: problemy metodolohii doslidzhen [Biosystem adaptations: problems of research methodology]. *Naukovi zapysky derzhavnogo pryrodoznavchoho muzeiu [Scientific notes of the State Museum of Natural History]*, 28, 25–40 [in Ukrainian].

Marukhniak, A. Ya., Datsko, A. O., Lisova, Yu. A., & Marukhniak, H. I. (2017). Plastychnist i stabilnist kilkisnykh oznak produktyvnosti holozernykh zrazkiv vivsa [Plasticity and stability of quantitative traits of productivity of bare-grain oat samples]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo [Foothill and Mountain Agriculture and Livestock]*, 61, 80–90 [in Ukrainian].

Rybalchenko, A. M. (2021). Plastychnist ta stabilnist hospodarskykh oznak kolektsiinykh zrazkiv soi [Plasticity and stability of economic traits of soybean collection samples]. *Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated Agriculture]*, 76, 69–74. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.76.13> [in Ukrainian].

Shkinder-Barmina, A.M. (2010). Zymo- ta morozostiikist sortiv vyshni (*Cerasus vulgaris* Mill.) v umovakh pivdnia Stepu Ukrainy [Winter and frost resistance of cherry varieties (*Cerasus vulgaris* Mill.) in the conditions of the southern Steppe of Ukraine]. *Selektsiia i nasinnnytstvo [Breeding and seed production]*, 100, 255–263 [in Ukrainian].

Yatsyk, R.M., Haida, Yu.I., & Hudyma, V.M. (2017). Osnovy introduktsii ta adaptatsii derevno-kushchovykh vydiv roslyn [Basics of introduction and adaptation of woody-shrub species of plants]. *Ivano-Frankivsk : NAIR*, 175 [in Ukrainian].

Alvarez, S., Rodriguez, P., Broetto, F., & Sanchez-Blanco, M.J. (2018). Long term responses and adaptive strategies of *Pistacia lentiscus* under moderate and severe deficit irrigation and salinity: Osmotic and elastic adjustment, growth, ion uptake and photosynthetic activity. *Agric. Water Manag.*, 202, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.006> [in English].

Bauske, E., Pennisi, B., Braman, K., & Buck, J. (2022). Native Plants, Drought Tolerance, and Pest Resistance. University of Georgia and Fort Valley State University. Circular 1122. [Electronic resource] URL: https://fieldreport.caes.uga.edu/wp-content/uploads/2025/08/C-1122_6.pdf (access date 17.03.2026) [in English].

Deti, C., Gori, A., Azzini, L., Nicese, F. P., Alderotti, F., Piccolo, E. L., Stella, C., Ferrini, F., & Brunetti, C. (2024). Drought tolerance and recovery capacity of two ornamental shrubs: Combining physiological and biochemical analyses with online leaf water status monitoring for the application in urban settings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 216, 109208. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109208> [in English].

Dixit, S., Sivalingam, P.N., Baskaran, R.M., Senthil-Kumar, M., & Ghosh, P.K. (2024). Plant responses to concurrent abiotic and biotic stress: Unravelling physiological and morphological mechanisms. *Plant Physiol.*, 29, 6–17. <https://doi.org/10.1007/s40502-023-00766-0> [in English].

Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 [in English]

Ghalambor, C. K., McKay, J. K., Carroll, S. P., & Reznick, D. N. (2007). Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. *Functional ecology*, 21 (3), 394–407. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01283.x> [in English]

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. *Frontiers in plant science*, 14, 1297569. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1297569> [in English]

Khelalfa, H., & Khelalfa, K. (2024). Stability Criteria in Plant Structures. *Revista Romana de Inginerie Civila*, 15 (4), 1–12. <https://doi.org/10.37789/rjce.2024.15.4.13> [in English]

Kumar, L. Chhogyel, N. Gopalakrishnan, T. Hasan, M. K. Jayasinghe, S. L. & Kariyawasam, C. S. (2022). Chapter 4 - Climate change and future of agri-food production. *Future foods*, 49–79. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00009-8> [in English]

Lahlali, R., Laasli, S. E., & Ait Barka, E. (2025). Plant responses to biotic and abiotic stresses: From cellular to morphological changes—Series II. *Agronomy*, 15 (1), 229. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010229> [in English]

Macel, M., Lawson, C. S., Mortimer, S. R., Smilauerova, M., Bischoff, A., Crémieux, L., & Steinger, T. (2007). Climate vs. soil factors in local adaptation of two common plant species. *Ecology*, 88 (2), 424–433. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2007\)88\[424:CVSFIJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2007)88[424:CVSFIJ]2.0.CO;2) [in English]

Martinez-Lorente, S.E., Marti-Guillen, J.M., Pedreno, M.A., Almagro, L., & Sabater-Jara, A.B. (2024). Higher Plant-Derived Biostimulants: Mechanisms of Action and Their Role in Mitigating Plant Abiotic Stress. *Antioxidants*, 13, 318. <https://doi.org/10.3390/antiox13030318> [in English]

Mata, R., Zas, R., Bustingorri, G., Sampedro, L., Rust, M., Hernandez-Serrano, A., & Sala, A. (2022). Drivers of population differentiation in phenotypic plasticity in a temperate conifer: A 27-year study. *Evolutionary Applications*, 15 (11), 1945–1962. <https://doi.org/10.1111/eva.13492> [in English]

Reed, S. M. (2002). Flowering performance of 21 *Hydrangea macrophylla* cultivars. *Journal of Environmental Horticulture*, 20(3), 155–160. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-20.3.155> [in English]

Sherwood, A., Alexander, L. W., Clark, M. D., Wu, X., & Hokanson, S. C. (2023). Precipitation, temperature, and population structure influence genetic diversity of oakleaf hydrangea throughout its native range. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 148(1), 29–41. <https://doi.org/10.21273/JASHS05255-22> [in English]

Torrecillas, A., Rodriguez, P., & Sanchez-Blanco, M.J. (2003). Comparison of growth, leaf water relations and gas exchange of *Cistus albidus* and *C. monspeliensis* plants irrigated with water of different NaCl salinity levels. *Sci. Hort.*, 97, 353–368. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00161-9) [in English]

Toscano, S., Ferrante, A., & Romano, D. (2019). Response of Mediterranean ornamental plants to drought stress. *Horticulturae*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010006> [in English]

Van Heerwaarden, B., Sgrò, C., & Kellermann, V. M. (2024). Threshold shifts and developmental temperature impact trade-offs between tolerance and plasticity. *Proceedings of the Royal Society B*, 291 (2016). <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.2700> [in English]

Zhou, Y., Xu, F., Shao, Y., & He, J. (2022). Regulatory mechanisms of heat stress response and thermo morphogenesis in plants. *Plants*, 11, 3410. <https://doi.org/10.3390/plants11243410> [in English]

Дата першого надходження статті до видання: 24.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)