

УДК 633.81:631.52:631.67

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.35>

АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА СЕРЕДНЬОСТИГЛОЇ ГРУПИ ДО АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Тищенко А.В. – д.с.-г.н., с.д.,

провідний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Степанов С.С. – аспірант,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

У статті наведено результати досліджень щодо вивчення і аналізу екологічної стійкості та адаптивної здатності вісімнадцяти гібридів соняшника середньостиглої групи до абіотичних стрес-факторів в умовах Півдня України. Найкращі умови для вирощування гібридів соняшника середньостиглої групи склалися на ділянці 1 в 2021 році ($I_j = 1,206$), натомість найгірші – у 2020 році на ділянці 2 з найменшим індексом стресового середовища $-0,889$. Отримані експериментальні дані дозволили виділити гібриди з найбільшою врожайністю за стресових умов: Hysun 232 IT H0 – 1,615, P63LE113 – 1,470, Kondi – 1,348 та Alambra KC – 1,324 т/га та за сприятливих – Hysun 180 IT – 3,580 т/га, Hysun 238 – 3,510 т/га, Bacardi – 3,592, Константин HC – 3,520 і Феном 715 – 3,780 т/га. Найбільшою середньою врожайністю (Y_{mean}) характеризувався гібрид Hysun 232 IT H0 – 2,401 т/га. За коефіцієнтом регресії виділені гібриди інтенсивного типу PR64F66 – 1,32 і Феном 715 – 1,35, стабільного типу Aromatic і Анастасія – 0,70 та наближені до гібридів, що добре адаптовані до різноманітних умов вирощування P63LE113 – 1,01 та P64LE25 – 1,03. Між врожайністю за різних умов середовища відсутня залежність $r = 0,095$. Показники Y_{mean} , b_p , SA, GAC_p , $\sigma_{SAC_i}^2$ і K_{gr} мали високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,705-0,841$) з урожайністю гібридів соняшника за оптимальних умов середовища, натомість з урожайністю за лімітуючих умов середовища мали або середню пряму залежність (Y_{mean} , SA і GAC), або середню зворотну (b_p , $\sigma_{SAC_i}^2$ і K_{gr}). Урожайність за лімітуючих умов середовища має високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,900$) з SVG_i і високу зворотну залежність з s_{gr} ($r = -0,709$), натомість ці показники з урожайністю за оптимальних умов характеризувалися середньою (s_{gr}), або низькою зворотною (SVG). За показниками адаптивності до абіотичних стрес-факторів, біplot-аналізом та кластерним аналізом, як найбільш стійкі виділені гібриди Aromatic, Hysun 232 IT H0 і Анастасія, гібриди P63LE113, P64LE25 і Kondi виділені як пластичні, а Hysun 180 IT, PR64F66 і Феном 715, як гібриди інтенсивного типу.

Ключові слова: соняшник, гібрид, урожайність, умови середовища, адаптивність, екологічна стійкість.

Tyshchenko A.V., Stepanov S.S. Adaptability of sunflower hybrids of the medium maturity group to abiotic factors in the conditions of Southern Ukraine

The article presents the results of research on the study and analysis of ecological stability and adaptive capacity of eighteen sunflower hybrids of the medium maturity group to abiotic stress factors in the conditions of Southern Ukraine. The best conditions for growing sunflower hybrids of the mid-ripening group were at site 1 in 2021 ($I_j = 1.206$), while the worst were in 2020 at site 2 with the lowest stress environment index -0.889 . The obtained experimental data made it possible to identify the hybrids with the highest yield under stressful conditions: Hysun 232 IT H0 – 1.615, P63LE113 – 1.470, Kondi – 1.348 and Alambra KC – 1.324 t/ha, and under favorable conditions – Hysun 180 IT – 3.580 t/ha, Hysun 238 – 3.510 t/ha, Bacardi – 3.592, Konstantin NS – 3.520 and Phenom 715 – 3.780 t/ha. The Hysun 232 IT H0 hybrid was characterized by the highest average yield (Y_{mean}) – 2.401 t/ha. According to the regression coefficient, hybrids of intensive type

PP64F66 – 1.32 and Phenom 715 – 1.35, stable type Aromatic and Anastasia – 0.70, and close to hybrids well adapted to various growing conditions P63LE113 – 1.01 and P64LE25 – 1.03. There is no dependence $r = 0.095$ between yields under different environmental conditions. Indicators Y_{mean} , b_p , CA, GAC, σ^2_{SACI} and K_{gt} had a high positive correlation ($r = 0.705-0.841$) with the productivity of sunflower hybrids under optimal environmental conditions, but with productivity under limiting environmental conditions they had either an average direct relationship (Y_{mean} , CA and GAC), or the average inverse (b_p , σ^2_{SACI} and K_{gt}). Productivity under limiting environmental conditions has a high positive correlation ($r = 0.900$) with SVG, and a high inverse relationship with s_{gt} ($r = -0.709$), instead, these indicators with productivity under optimal conditions were characterized by medium (s_{gt}) or low inverse (SVG). According to indicators of adaptability to abiotic stress factors, biplot analysis and cluster analysis, the most resistant hybrids Aromatic, Hysun 232 IT H0 and Anastasia, hybrids P63LE113, P64LE25 and Kondi were selected as plastic, and Hysun 180 IT, PP64F66 and Phenom 715, as hybrids of the intensive type.

Key words: sunflower, hybrid, productivity, environmental conditions, adaptability, environmental sustainability.

Соняшник (*Helianthus annuus*) – одна з найважливіших олійних культур у світі [12, с. 23427] та протягом останніх кількох десятиліть площі та виробництво соняшнику зросло через його нейтральність довжини дня, ширшу адаптивність та чутливість до додаткових ресурсів [15, с. 603]. Виробництво та переробка насіння олійних культур в Україні є найбільш перспективним напрямом аграрно-продовольчого сектора. У структурі загальних посівних площ у 2021 р. соняшником було зайнято 6,51 млн га. Завдяки специфічній будові основних органів (корінь, стебло, листя, качан) соняшник успішно вирощується на маргінальних ґрунтах і в напівпосушливих умовах і є стійким до абіотичних стресів [26, с. 4].

Незважаючи на те, що соняшник класифікується як культура, стійка до посухи [24, с. 32], його виробництво суттєво страждає від впливу водного стресу. Обмежена кількість опадів або нестача води для поливу протягом вегетаційного періоду обмежує врожайність соняшнику зі значним скороченням [13, с. 769].

В останні десятиліття спостерігаються зміни клімату, так зване «глобальне потепління», внаслідок якого відбувається підвищення температурного режиму, частішають посушливі періоди та збільшується їх тривалість [35, с. 5; 36, с. 22; 38, с. 97], що призводить до значних коливань урожайності сільськогосподарських культур як у просторі, так і в часі [1, с. 624; 16, с. 85; 32, с. 356]. Підвищення температури в сільськогосподарських регіонах світу значно впливає на кількість опадів і їх перерозподіл протягом вегетаційного періоду, що призводить до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур [6, с. 445; 28, с. 137; 37, с. 192; 39, с. 136]. Посушливі умови є одним з основних абіотичних стрес-чинників, які спричиняють серйозні проблеми у всьому світі і призводять до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур [4, с. 60; 20, с. 296; 34, с. 2887]. Однак, проблема, пов'язана з дефіцитом води, не є непереборною. Фактично, негативні наслідки посухи можна подолати шляхом виявлення та використання стійких до посухи сортів та гібридів [40, с. 42].

Тому, зусилля селекціонерів необхідно направити на створення не тільки високопродуктивних сортів і гібридів, а й тих, що забезпечують стійкість урожаю в різних агрокліматичних умовах [27, с. 80; 42, с. 56; 43, с. 91]. На сьогодні вченими вже досліджено агрономічні та фізіологічні механізми, що відповідають за стабільність урожаю [17, с. 142; 23, с. 167; 41, с. 28; 44, с. 144]. Отже, різні сорти і гібриди можуть демонструвати контрастні реакції на умови довкілля внаслідок їхньої взаємодії [29, с. 192; 33, с. 437; 46, с. 103].

Мета дослідження – вивчення і аналіз екологічної стійкості та адаптивної здатності гібридів сояшника середньостиглої групи до абіотичних стрес-факторів в умовах Півдня України.

Матеріали і методи досліджень. Реакцію гібридів сояшника на різні умови вирощування вивчали в ТОВ «Агропроект Юг» у с. Подовка, Херсонська область (46°39'25"N; 33°48'54"E; 39 м над рівнем моря) протягом 2020–2021 рр.

Вивчали 18 гібридів сояшника середньостиглої групи, що зазвичай вирощуються на півдні України та занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Гібриди були протестовані на ділянках площею 50 м² у трьох повтореннях методом рендомізованих повторень (блоків), норма висіву була скоригована до 55 тисяч життєздатного насіння на га. Дослідження проводилися за загальноприйнятою методикою, кількість хімічних обробок була скоригована відповідно до умов вирощування та наявності бур'янів та хвороб і шкідників. Досліджувані зразки були посіяні у другій декаді квітня, а збирання – початок вересня.

Дослідження проводилися на двох ділянках на протязі 2020–2021 рр.: Ділянка 1 – ґрунт темно-каштановий, середньо-суглинковий, залишково-слабосолонцюватий. В орному шарі міститься 2,5% гумусу, мінерального азоту 3,3 мг в 100 г ґрунту, рухомого фосфору – 4,8 та обмінного калію 51 мг у 100 г ґрунту, рН водної витяжки 6,9–7,3, рівноважна щільність складення – 1,38 г/см³, пористість – 49,5%, водопроникність – 1,26 мм/хв. Попередники кукурудза і соя, добрива N₄₀P₂₀. Ділянка 2 – ґрунт темно-каштановий, середньо-суглинковий, залишково-слабосолонцюватий. В орному шарі міститься 1,9% гумусу, мінерального азоту 2,4 мг в 100 г ґрунту, рухомого фосфору – 3,9 та обмінного калію 37 мг у 100 г ґрунту, рН водної витяжки 6,3–6,7, рівноважна щільність складення – 1,43 г/см³, пористість – 43,6%, водопроникність – 1,12 мм/хв. Попередники озимий ріпак і сояшник, без добрив.

Середні температури, сума опадів та відносна вологість повітря для всіх експериментальних сезонів наведені у таблиці 1 разом із середніми довгостроковими значеннями.

Таблиця 1

Погодні умови проведення досліджень

	Середньобагаторічні			2020			2021		
	Т (°С)	Р (мм)	ф, %	Т (°С)	Р (мм)	ф, %	Т (°С)	Р (мм)	ф, %
квітень	9,6	28,0	73	9,5	7,5	54	8,9	41,4	71
травень	15,6	38,0	68	14,9	32,4	66	16,9	97,7	69
червень	20,0	46,0	64	22,2	49,3	64	20,7	89,2	77
липень	22,4	42,0	59	24,7	44,2	53	25,3	76,7	62
серпень	21,6	35,0	59	23,1	36,4	51	24,4	25,3	61
вересень	16,4	28,0	67	20,4	21,5	55	16,9	1,1	61
квітень – серпень	17,8	189,0	65	18,9	169,8	58	19,2	330,3	68
квітень – вересень	17,6	217,0	65	19,1	191,3	57	18,8	331,4	67

Статистичний аналіз. Аналіз стійкості гібридів сояшника до стресу проводили за допомогою індексів посухостійкості: *MP* – середньої врожайності [25, с. 944], *D* – інтенсивності посухи [2, с. 3], *SSI* – сприйнятливості до посухи [10, с. 900], *TOL* – толерантності до посухи [25, с. 945], *YSI* – стабільності врожаю

[3, с. 934], YI – врожайності [11, с. 526; 21, с. 195], STI – толерантності до стресу [9, с. 259], GMP – середньої геометричної (пропорційної) врожайності [9, с. 260; 18, с. 45], RDI – відносної стійкості до посухи [10, с. 904], DI – посухостійкості [2, с. 5; 19, с. 86], $SSPI$ – схильності до стресу [22, с. 169], $MSTI$, M_1STI , M_2STI – модифікованих індексів толерантності до стресу [8, с. 36], ATI – абіотичної толерантності [22, с. 172], HMP – гармонічної середньої продуктивності [5, с. 285; 14, с. 36; 18, с. 44], ISR – стійкості до стресу [30, с. 359; 33, с. 437; 45, с. 157] та індексу умов зовнішнього середовища (екологічний індекс), отриманий як середнє значення всіх сортів у j -му середовищі мінус загальне середнє (I_j), коефіцієнту регресії сорту на середовище (b_j), дисперсії відхилення від лінії регресії (s^2_{di}) [7, с. 37], показнику стійкості до стресу (RS), генетичної гнучкості (Gf) [25, с. 944], загальної гомеостатичності (Hom), селекційної цінності (Sc), коефіцієнта адаптивності (CA), ефектів загальної адаптаційної здатності (GAC_i), специфічної адаптаційної здатності (SAC_i), варіанси взаємодії генотипу та середовища ($\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$), варіанси специфічної адаптаційної здатності ($\sigma^2_{SAC_i}$), відносної стабільності генотипу (s_{gi}), селекційного значення генотипу (SVG_{gi}), коефіцієнта компенсації-дестабілізації генотипу (K_{gi}), коефіцієнта нелінійності реакції генотипу на навколишнє середовище (l_{gi}) [31, с. 326–340].

Проведено кореляційний та кластерний аналізи між індексами врожайності насіння та посухостійкості і показниками адаптивності для визначення найкращих посухостійких гібридів, індексів та показників адаптивності. Аналіз головних компонентів (PCA) проводили на основі спостережень. Кореляційний, кластерний аналізи, так і PCA проводили за допомогою Microsoft® Excel 2016/XLSTAT© -Pro (Version 2016.02.28451, 2016, Addinsoft, Inc., Бруклін, Нью-Йорк, США), Statistica data analysis software system v.8. (Sta Stof Inc., North Melbourne, Australia) та SPSS 20.00 statistical software (SPSS/PC-20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Результати дослідження та їх обговорення. Найкращі умови для вирощування гібридів соняшника середньостиглої групи склалися на ділянці 1 в 2021 році ($I_j = 1,206$), натомість найгірші – у 2020 році на ділянці 2 з найменшим індексом стресового середовища $-0,889$. На ділянці 2 у 2021 році індекс стресового середовища дорівнював $0,150$, а на ділянці 1 в 2020 році – $-0,467$. Найбільшою врожайністю за стресових умов характеризувалися гібриди: *Hysun 232 IT H0* – $1,615$, *P63LE113* – $1,470$, *Kondi* – $1,348$ та *Alambra KC* – $1,324$ т/га, а за сприятливих умов виділилися гібриди *Hysun 180 IT* – $3,580$ т/га, *Hysun 238* – $3,510$ т/га, *Bacardi* – $3,592$, *Константин HC* – $3,520$ і *Феном 715* – $3,780$ т/га. Найбільшою середньою врожайністю (Y_{mean}) характеризувався гібрид *Hysun 232 IT H0* – $2,401$ т/га (табл. 2).

Найбільшим рівнем стійкості досліджуваних гібридів до стресових умов (RS), а відповідно і найменшим значенням характеризувався гібрид *Анастасія* – $0,73$. Гібриди *Hysun 238*, *Bacardi*, *Константин HC* та *Феном 715* зі значеннями $2,32$ – $2,82$ виявилися найбільш нестійкими до стресових умов.

За селекційною цінністю (Sc) виділені гібриди *PR64F66* та *Alambra KC* зі значенням $1,60$. За генетичною гнучкістю (Gf) виділені гібриди *Hysun 232 IT H0* – $3,01$ та *PR64F66* – $3,18$.

За коефіцієнтом регресії (b_j), що є критерієм оцінки рівня екологічної пластичності і вказує на реакцію генотипу на зміну умов середовища, виділені гібриди інтенсивного типу ($b_i > 1$) *PR64F66* – $1,32$ і *Феном 715* – $1,35$, стабільного типу ($b_i < 1$) *Aromatic* і *Анастасія* – $0,70$. Якщо $b_i = 1$, то гібрид добре адаптований до різноманітних умов вирощування, наближеними до таких є гібриди *P63LE113* – $1,01$ та *P64LE25* – $1,03$.

За коефіцієнтом адаптивності (CA) виділився гібрид *Hysun 232 IT H0* – 116,1. Найвищими значеннями гомеостатичності (Hom) характеризувалися гібриди *Hysun 180 IT* – 11,0, *Suberix* – 11,1, *Kondi* – 12,0, *Анастасія* – 12,6, *PR64F66* – 12,9 та *Alambra KC IT* – 14,5.

Таблиця 2
Гомеостатичність, екологічна пластичність і адаптивність гібридів
соняшника за ознакою урожайності насіння (2020, 2021 рр.)

Гібрид	Позначення	Урожайність, т/га		Параметри адаптивності						
		$Y_{lim} - Y_{opt}$	Y_{mean}	RS	Sc	Gf	b_i	s_{di}^2	CA	Hom
Argentic	G1	1,067–2,770	1,793	1,70	0,69	1,92	0,80	0,001	86,6	5,1
Aromatic	G2	1,400–2,950	2,064	1,55	0,98	2,18	0,70	0,027	99,8	7,4
Hysun 180 IT	G3	1,114–3,580	2,161	1,14	1,47	3,01	1,20	0,010	104,4	11,0
Hysun 232 IT H0	G4	1,615–3,450	2,401	1,84	1,12	2,53	0,83	0,033	116,1	8,4
Hysun 238	G5	0,968–3,510	2,045	2,54	0,56	2,24	1,25	0,026	98,9	4,4
P63LE113	G6	1,470–3,448	2,233	1,98	0,95	2,46	1,01	0,045	107,9	6,8
P64LE25	G7	1,084–3,150	1,959	2,07	0,67	2,12	1,03	0,029	94,7	5,0
P64LL129	G8	1,210–3,262	2,143	2,05	0,80	2,24	0,97	0,008	103,6	6,0
PR64F66	G9	1,009–3,691	2,211	1,02	1,60	3,18	1,32	0,049	106,9	12,9
Aztek	G10	1,065–2,980	1,880	1,92	0,67	2,02	0,92	0,000	90,9	4,9
Bacardi	G11	1,233–3,592	2,236	2,36	0,77	2,41	1,14	0,001	108,1	5,7
Katana	G12	0,955–2,790	1,735	1,84	0,59	1,87	0,88	0,001	83,9	4,4
Kondi	G13	1,348–3,150	2,118	1,00	1,44	2,65	0,83	0,010	102,4	12,0
Suberix	G14	1,172–3,384	2,113	1,08	1,44	2,85	1,06	0,001	102,1	11,1
Alambra KC	G15	1,324–3,280	2,215	0,90	1,60	2,83	0,91	0,008	107,1	14,5
Анастасія	G16	1,041–2,665	1,859	0,73	1,35	2,30	0,70	0,056	89,9	12,6
Константин HC	G17	1,202–3,520	2,043	2,32	0,70	2,36	1,10	0,071	98,7	4,8
Феном 715	G18	0,963–3,780	2,034	2,82	0,52	2,37	1,35	0,041	98,3	3,9
Середнє		1,180–3,275	2,069	1,71	1,00	2,42	1,00	0,023	100,0	7,8
V,%		16,00–10,20	8,35	35,94	38,95	15,18	19,84	92,19	8,35	45,19
$S\bar{x}_{абс.}$		0,04–0,08	0,04	0,14	0,09	0,09	0,05	0,005	1,97	0,83
$S\bar{x}_{віднос.}$		3,77–2,40	1,97	8,47	9,18	3,58	4,68	21,73	1,97	10,65
HP_{01}		0,14–0,25	0,13	0,46	0,29	0,27	0,15	0,016	6,24	2,64
HP_{05}		0,10–0,18	0,09	0,33	0,21	0,20	0,11	0,011	4,51	1,91

Найвищим ефектом загальної адаптивної здатності (GAC_i) відзначився гібрид *Hysun 232 IT H0* – 0,33, найменшими значеннями – *Argentic* – –0,28 і *Katana* – –0,33 (табл. 3).

Стабільність реакції генотипу на зміни умов середовища за продуктивністю визначається величиною варіанси ($\sigma^2_{SAC_i}$), встановлені найбільш стабільні гібриди *Aromatic* – 0,074 та *Анастасія* – 0,078. Гібриди *Hysun 238* – 0,233, *PR64F66* – 0,259 та *Феном 715* – 0,275 з найбільшими значеннями цього показника є нестабільними.

За показником відносної стабільності генотипу (s_{gi}), з найменшими його значеннями, були виділені гібриди *Aromatic* – 13,2 та *Hysun 232 IT H0* – 13,4, а за селекційною цінністю генотипу (SVG_i) виділився гібрид *Hysun 232 IT H0* – 1,54.

Гібриди *P64LE25*, *P64LL129*, *Aztek*, *Bacardi*, *Katana*, *Suberix* та *Alambra KC* характеризувалися найменшими значеннями (0,000–0,003) варіанси взаємодії генотипу та середовища ($\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$), і володіли лінійною реакцією (l_{gi}) на зміну умов середовища (0,004–0,022). Проте у гібридів *P64LE25*, *Bacardi* та *Suberix* переважав ефект дестабілізації ($K_{gi} > 1$). Найнижчими значеннями коефіцієнту компенсації (K_{gi}) характеризувалися гібриди *Aromatic* – 0,51 та *Анастасія* – 0,53, натомість у гібридів *Hysun 238* – 1,60, *PR64F66* – 1,77 та *Феном 715* – 1,86 – найвищі значення, що вказує на переважання ефекту дестабілізації, тобто ці гібриди є нестабільними по відношенню до несприятливих умов середовища.

Таблиця 3

Параметри адаптивних властивостей гібридів соняшника за ознакою урожайності насіння (2020, 2021 рр.)

Гібрид	Позначення	Урожайність, т/га		Параметри адаптивності						
		$Y_{lim} - Y_{opt}$	Y_{mean}	GAC_i	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	$\sigma^2_{SAC_i}$	s_{gi}	SVG_i	K_{gi}	l_{gi}
Argentic	G1	1,067–2,770	1,793	-0,28	0,006	0,095	17,2	0,97	0,65	0,059
Aromatic	G2	1,400–2,950	2,064	0,00	0,017	0,074	13,2	1,34	0,51	0,225
Hysun 180 IT	G3	1,114–3,580	2,161	0,09	0,007	0,212	21,3	0,93	1,45	0,033
Hysun 232 IT H0	G4	1,615–3,450	2,401	0,33	0,008	0,104	13,4	1,54	0,71	0,078
Hysun 238	G5	0,968–3,510	2,045	-0,02	0,012	0,233	23,6	0,75	1,60	0,053
P63LE113	G6	1,470–3,448	2,233	0,16	0,005	0,155	17,6	1,18	1,06	0,034
P64LE25	G7	1,084–3,150	1,959	-0,11	0,003	0,158	20,3	0,89	1,09	0,022
P64LL129	G8	1,210–3,262	2,143	0,07	0,001	0,137	17,3	1,15	0,94	0,007
PR64F66	G9	1,009–3,691	2,211	0,14	0,020	0,259	23,0	0,85	1,77	0,078
Aztek	G10	1,065–2,980	1,880	-0,19	0,001	0,123	18,6	0,94	0,84	0,008
Bacardi	G11	1,233–3,592	2,236	0,17	0,003	0,189	19,4	1,07	1,29	0,015
Katana	G12	0,955–2,790	1,735	-0,33	0,002	0,114	19,5	0,83	0,78	0,017
Kondi	G13	1,348–3,150	2,118	0,05	0,005	0,102	15,1	1,26	0,70	0,051
Suberix	G14	1,172–3,384	2,113	0,04	0,001	0,165	19,3	1,02	1,13	0,004
Alambra KC	G15	1,324–3,280	2,215	0,15	0,002	0,121	15,7	1,28	0,83	0,017
Анастасія	G16	1,041–2,665	1,859	-0,21	0,020	0,078	15,0	1,11	0,53	0,253
Константин HC	G17	1,202–3,520	2,043	-0,03	0,010	0,185	21,0	0,89	1,27	0,053
Феном 715	G18	0,963–3,780	2,034	-0,04	0,023	0,272	25,6	0,64	1,86	0,084
Середнє		1,180–3,275	2,069	0,00	0,008	0,154	18,7	1,04	1,06	0,061
V, %		16,00–10,20	8,35	31027	89,99	39,06	18,62	21,97	39,03	115,35
$S\dot{x}_{абс.}$		0,04–0,08	0,04	0,04	0,002	0,01	0,82	0,05	0,10	0,02
$S\dot{x}_{віднос.}$		3,77–2,40	1,97	7313	21,21	9,21	4,39	5,18	9,20	27,19
HP_{01}		0,14–0,25	0,13	0,13	0,005	0,04	2,60	0,17	0,31	0,05
HP_{05}		0,10–0,18	0,09	0,09	0,003	0,03	1,88	0,12	0,22	0,04

Між врожайністю за різних умов середовища відсутня залежність $r = 0,095$. Показники Y_{mean} , b_p , CA , GAC_i , $\sigma^2_{SAC_i}$ і K_{gi} мали високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,705$ – $0,841$) з урожайністю гібридів соняшника за оптимальних умов середовища, натомість з урожайністю за лімітуючих умов середовища мали або середню пряму залежність (Y_{mean} , CA і GAC_i), або середню зворотну (b_p , $\sigma^2_{SAC_i}$ і K_{gi}). Урожайність за лімітуючих умов середовища має високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,900$) з SVG_i і високу зворотну залежність з s_{gi} ($r = -0,709$),

натомість ці показники з урожайністю за оптимальних умов характеризувалися середньою (s_{gi}), або низькою зворотною (SVG_i). Урожайність за лімітуючих умов середовища мала середню позитивну залежність ($r = 0,303$) з Sc , натомість з урожайністю за оптимальних умов залежність відсутня ($r = 0,090$) (табл. 4).

За результатами GGE біплот-аналізу гібриди соняшника *Aromatic* (G2), *Hysun 232 IT H0* (G4) та *P63LE113* (G6), що знаходяться в одній чверті з вектором урожайності при стресі (Y_{lim}) та максимально наближені до його вершини, формують високу урожайність за негативних умов середовища і їх можна віднести до стабільних по відношенню до абіотичних стрес-факторів. Також до цього типу можна віднести і гібриди *Kondi* (G13) і *Alambra KC* (G15), що знаходяться також в одній чверті з вектором урожайності при стресі (Y_{lim}) і гібрид *Анастасія* (G16), що знаходиться в IV чверті та відділена від центру, проте продуктивність в них нижча, ніж у гібридів *Aromatic* (G2), *Hysun 232 IT H0* (G4) та *P63LE113* (G6) (рис. 1).

Гібриди соняшника *Hysun 180 IT* (G3), *PR64F66* (G9), *Bacardi* (G11), *Константин HC* (G17) та *Феном 715* (G18), що знаходяться в одній чверті з вектором урожайності за кращих умов (Y_{opt}) та максимально наближений до його вершини характеризуються високою продуктивністю за оптимальних умов і їх можна характеризувати як гібриди інтенсивного типу. Також до цього типу можна віднести і гібрид *Hysun 238* (G5), що знаходиться в III чверті та віддалений від центру в напрямленні вектору урожайності за кращих умов.

Гібриди соняшника *P64LE25* (G7), що знаходиться в III чверті та *P64LL129* (G8), що знаходиться в I чверті, проте обидва наближені до осі абсцис, формують високу урожайність як за сприятливих, так і негативних умов. Ці гібриди можна віднести до пластичних, що добре пристосовані до різних умов середовища.

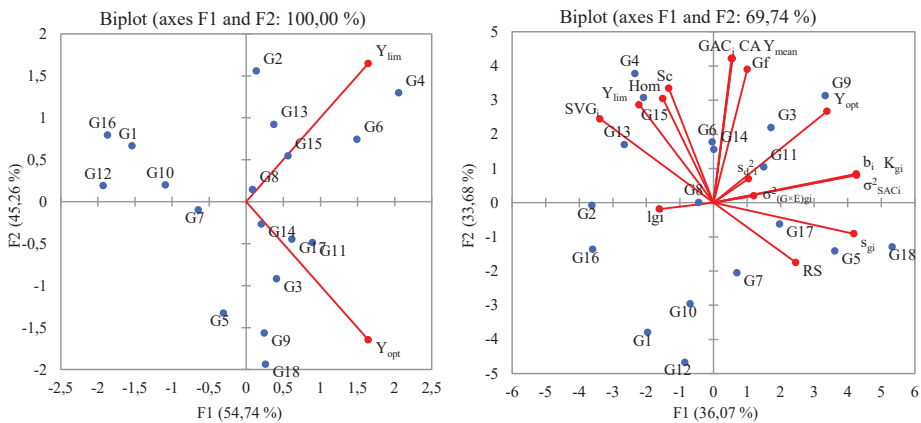


Рис. 1. Генотип-середовищна взаємодія гібридів соняшника і середовищ (метод біплот-аналіз). Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ: – умови середовища; – гібриди

За агломеративним ієрархічним кластерним аналізом середньоранні гібриди соняшника були поділені на три кластера по відношенню до абіотичних стрес-факторів (рис. 2).

Найбільш адаптовані до абіотичних чинників гібриди об'єдналися в кластер 1: G1 – *Argentica*, G12 – *Katana* і G16 – *Анастасія*. В кластер 2 увійшли вісім

Таблиця 4

Матриця кореляційних зв'язків між максимальною і мінімальною урожайністю насіння гібридів соняшника та гомеостатичністю, екологічною пластичністю і параметрами адаптивності (2020, 2021 рр.)

	Y_{lim}	Y_{opt}	Y_{max}	Y_{min}	b_i	s_i^2	RS	Sc	Gf	CA	Hom	GAC _i	$\sigma^2_{\text{GAC}}^{\text{opt}}$	$\sigma^2_{\text{GAC}}^{\text{max}}$	s_i^*	SVG _i	K	I_{opt}	
Y_{lim}	1,000	0,095	0,687	-0,423	0,052	0,144	0,303	0,208	0,687	0,688	0,245	0,688	-0,236	-0,441	-0,709	0,900	-0,442	0,057	
Y_{opt}	0,095	1,000	0,710	0,850	0,261	0,348	0,090	0,617	0,709	0,705	0,009	0,705	0,184	0,841	0,590	-0,219	0,841	-0,358	
Y_{max}	0,687	0,710	1,000	0,278	0,140	-0,054	0,455	0,691	1,000	0,378	0,009	1,000	-0,017	0,261	-0,126	0,514	0,260	-0,156	
Y_{min}	-0,423	0,850	0,278	1,000	0,183	0,415	-0,109	0,424	0,277	-0,162	0,028	0,134	0,221	0,993	0,915	-0,680	0,993	-0,419	
b_i	0,052	0,261	0,140	0,183	1,000	0,112	0,013	0,143	0,139	0,028	0,028	0,134	0,684	0,259	0,167	-0,093	0,259	0,505	
s_i^2	-0,144	0,348	-0,054	0,415	0,112	1,000	-0,894	-0,524	-0,524	-0,908	-0,908	-0,057	0,016	0,404	0,479	-0,411	0,406	-0,275	
RS	0,303	0,090	0,455	-0,109	0,013	-0,894	1,000	0,832	0,455	0,983	0,457	0,061	-0,102	-0,326	0,442	-0,104	0,160	0,160	
Sc	0,208	0,617	0,691	0,424	0,143	-0,524	0,832	1,000	0,690	0,770	0,689	0,153	0,424	0,133	0,146	0,423	-0,094	-0,094	
Gf	0,687	0,709	1,000	0,277	0,139	-0,055	0,455	0,690	1,000	0,379	1,000	0,379	1,000	-0,017	0,260	0,515	0,259	-0,155	
CA	0,245	0,009	0,378	-0,162	0,028	-0,908	0,983	0,770	0,379	1,000	0,381	0,381	0,101	-0,148	-0,349	0,429	-0,150	0,223	
Hom	0,688	0,705	1,000	0,273	0,134	-0,057	0,457	0,689	1,000	0,381	1,000	1,000	-0,019	0,256	-0,132	0,519	0,255	-0,152	
GAC _i	-0,236	0,184	-0,017	0,221	0,684	0,016	0,061	0,153	-0,017	0,101	-0,019	-0,019	1,000	0,333	0,250	-0,231	0,332	0,752	
$\sigma^2_{\text{GAC}}^{\text{opt}}$	-0,441	0,841	0,261	0,993	0,259	0,404	-0,102	0,424	0,260	-0,148	0,256	0,333	1,000	0,917	1,000	0,690	1,000	-0,315	
$\sigma^2_{\text{GAC}}^{\text{max}}$	-0,709	0,590	-0,126	0,915	0,167	0,479	-0,326	0,133	-0,127	-0,349	-0,132	-0,132	0,250	0,917	1,000	-0,914	0,918	-0,359	
s_i^*	0,900	-0,219	0,514	-0,680	-0,093	-0,411	0,442	0,146	0,515	0,429	0,519	0,519	-0,231	-0,690	-0,914	1,000	-0,690	0,233	
SVG _i	-0,442	0,841	0,260	0,993	0,259	0,406	-0,104	0,423	0,259	-0,150	0,255	0,332	1,000	0,918	-0,690	1,000	-0,690	-0,317	
K	0,057	-0,358	-0,156	-0,419	0,505	-0,275	0,160	-0,094	-0,155	0,223	-0,152	0,752	-0,315	-0,359	0,233	-0,317	1,000	1,000	
I_{opt}																			1,000

* – Confidence interval (%): 95

пластичних гібридів, а останні сім найбільш інтенсивних гібридів об'єдналися у 3 кластер.

Також був проведений кластерний аналіз гібридів соняшника методом k-середніх. До 1 кластера увійшли п'ять стійких до абіотичних стрес-факторів гібридів, порівняно з агломеративним ієрархічним кластерним аналізом з 2 кластеру перейшли гібриди G2 – *Aromatic* і G10 – *Aztek*. Найменша відстань до центру кластера спостерігалася у гібрида G1 – *Argentica* на рівні 0,072, натомість найбільша 0,318 у гібрида G2 – *Aromatic* (табл. 5).

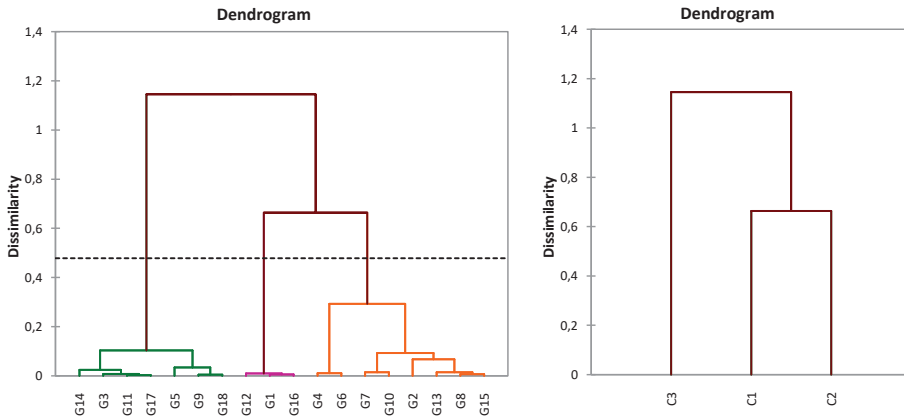


Рис. 2. Дендрограма кластеризації п'ятнадцяти гібридів соняшника за стійкістю до абіотичних стрес-факторів

До 2 кластера увійшли сім нестійких гібридів до стрес-факторів з найменшою відстанню до центру кластера у гібрида G3 – *Hysun 180 IT* на рівні 0,020, натомість найбільша 0,240 у гібрида G18 – *Феном 715*.

До 3 кластера увійшли шість пластичних гібридів по відношенню до негативних абіотичних чинників, з найменшою відстанню до центру кластера у гібрида G15 – *Alambra KC* на рівні 0,020, натомість найбільша 0,317 у гібрида G4 – *Hysun 232 IT H0*.

Таблиця 5

Кластеризація п'ятнадцяти гібридів соняшника за стійкістю до абіотичних стрес-факторів методом k-середніх і агломеративного ієрархічного кластерного аналізу

Гібрид	Позначення	Кластеризація k-середніх		Агломеративна ієрархічна кластеризація
		Кластер	Відстань до центру кластера	Кластер
Argentica	G1	1	0,072	1
Aromatic	G2	1	0,318	2
Hysun 180 IT	G3	2	0,020	3
Hysun 232 IT H0	G4	3	0,317	2

Продовження таблиці 5

Hysun 238	G5	2	0,144	3
P63LE113	G6	3	0,203	2
P64LE25	G7	3	0,293	2
P64LL129	G8	3	0,135	2
PR64F66	G9	2	0,140	3
Aztek	G10	1	0,154	2
Bacardi	G11	2	0,139	3
Katana	G12	1	0,156	1
Kondi	G13	3	0,140	2
Suberix	G14	2	0,210	3
Alambra KC	G15	3	0,020	2
Анастасія	G16	1	0,178	1
Константин HC	G17	2	0,123	3
Феном 715	G18	2	0,240	3

Висновки. Виділені показниками адаптивності s_{gi} і SVG_{ip} , що найбільш повно характеризують стійкість гібридів соняшника до негативних умов середовища. Показники адаптивності b_p , σ_{SACi}^2 і K_{gi} розділяють гібриди на інтенсивні, пластичні та стабільні за їх реакцією на стрес під впливом абіотичних чинників.

За показниками адаптивності до абіотичних стрес-факторів, біплот-аналізом та кластерним аналізом, як найбільш стійкі виділені гібриди *Aromatic*, *Hysun 232 IT H0* і *Анастасія*, гібриди *P63LE113*, *P64LE25* і *Kondi* виділені як пластичні, а *Hysun 180 IT*, *PR64F66* і *Феном 715*, як гібриди інтенсивного типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Anderson W.K., Brennan R.F., Jayasena K.W., Micic S., Moore J.H., Nordblom T. Tactical crop management for improved productivity in winter-dominant rain-fall regions: a review. *Crop & Pasture Science*. 2020. Vol. 71. P. 621–644. <https://doi.org/10.1071/CP19315>
2. Blum A. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 1988
3. Bouslama M., Schapaugh W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 1984. Vol. 24. № 5. P. 933–937. doi:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
4. Ceglar A., Toreti A., Lecerf R., Van der Velde M., Dentener F. Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agric. For. Meteorol.* 2016. Vol. 216. P. 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.10.004>
5. Chakherchaman S.A., Mostafaei H., Imanparast L. and Eivazian M.R. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2009. Vol. 7. P. 283–288.
6. Chawade A., Armoniené R., Berg G., Brazauskas G., Frostgård G., Geleta M., Gorash A., Henriksson T., Himanen K., Ingver A. A transnational and holistic breeding approach is needed for sustainable wheat production in the Baltic Sea region. *Physiol. Plant.* 2018. Vol. 164. P. 442–451. <https://doi.org/10.1111/ppl.12726>
7. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc.* 1966. Vol. 6. №1. P. 36–40.
8. Farshadfar E., Sutka J. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun.* 2002. Vol. 31. P. 33–40. <https://www.jstor.org/stable/23787201>

9. Fernandez C.J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Aug. 13–16. Shanhua, Taiwan, 1992. P. 257–270.
 10. Fisher R.A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1978. Vol. 29. № 5. P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897
 11. Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M. et al. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*. 1997. Vol. 77. № 4. P. 523–531.
 12. González-Alonso A., Ramírez-Tortosa C., Varela-López A., Roche E., Arribas M. et al. Sunflower Oil but Not Fish Oil Resembles Positive Effects of Virgin Olive Oil on Aged Pancreas after Life-Long Coenzyme Q Addition. *Int. J. Mol. Sci.* 2015. Vol. 16. P. 23425–23445
 13. Iqbal N., Ashraf M., Ashraf M.Y. and Azam F. Effect of exogenous application of glycinebetaine on capitulum size and achene number of sunflower under water stress. *International Journal of Biology and Biotechnology*. 2005. Vol. 2. Issue 3. P. 765–771.
 14. Jafari A., Paknejad F., Jami Al-Ahmadi M. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Inter J Plant Prod*. 2009. Vol. 3. Issue 4. P. 33–38.
 15. Khatun M., Hossain T.M., Miah M.M., Khandoker S., Rashid M.A. Profitability of sunflower cultivation in some selected sites of Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. Res.* 2016. Vol. 41. P. 599–623.
 16. Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D. et al. Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (Part 2 – drought years). *Аграрні інновації*. 2023. №20. С. 82–92. <https://doi.org/10.32848/аграр.innov.2023.20.13>
 17. Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.H., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., et al. Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 140–150. <https://doi.org/10.32848/аграр.innov.2023.19.22>
 18. Kristin A.S., Serna R.R., Perez F.I., Enriquez B.C., Gallegos J.A.A., et al. Improving common bean performance under drought stress. *CropSci*. 1997. Vol. 37. P. 43–50.
 19. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*. 1998. Vol. 7. P. 85–87.
 20. Lavrynenko Y., Tyshchenko A., Bazalii H., Konovalova V., Zhupyna A., et al. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of Southern Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI. No. 2. P. 294–301. ISSN 2285-5785
 21. Lin C.S., Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci.* 1988. Vol. 68. P. 193–198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>
 22. Moosavi S.S., Yazdi-Samadi B., Naghavi M.R., Zali A.A., Dashti H., Pourshahbazi A. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert*. 2008. Vol. 12. Issue 2. P. 165–178.
 23. Ojha A. & Ojha B.R. Assessment of Morpho-Physiological, Yield and Yield Attributing Traits Related to Post Anthesis Drought in Wheat Genotypes Under Rain-fed Condition in Rampur, Chitwan. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 2020, Vol. 8, Issue 3, P. 323–335. DOI: 10.3126/ijasbt.v8i3.31609
 24. Rauf S. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance, *Commun. Biom. Crop Sci.*, 2008. Vol. 3. P. 29–44.
 25. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. Vol. 21. № 6. P. 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
-

26. Škorić D. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. *Helia*. 2009. Vol.32(50). P. 1–16.
27. Subira J., Álvaro F., del Moral L.F.G., & Royo C. Breeding effects on the cultivar × environment interaction of durum wheat yield. *European Journal of Agronomy*. 2015. Vol. 68. P. 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.04.009>
28. Team B.A. Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. In *Regional Climate Studies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 2015. Vol. 6. P. 131–144.
29. Tyshchenko A.V., Konovalova V.M., Bazalii H.H., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D. et al. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 190–200. <https://doi.org/10.32848/аграр.innov.2023.19.29>
30. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Fundirat K.S., Piliarska O.O. Methods of determining the drought resistance of plants. *Scientific Collection «InterConf+»*, 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Knowledge: Research and Discoveries» (May 19–20, 2023; Vancouver, Canada) by the SPC «InterConf». A.T. International, 2023. P. 343–361. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.030>
31. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Fundirat K.S., Piliarska O.O. Methods of determining the adaptability and ecological stability of plants. *Scientific Collection «InterConf+»*, 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Knowledge: Research and Discoveries» (May 19–20, 2023; Vancouver, Canada) by the SPC «InterConf». A.T. International, 2023. P. 324–342. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.029>
32. Tyshchenko O., Tyshchenko A., Piliarska O., Kuts H., Lykhovyd P. Evaluation of drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*. 2020. Vol. 9. No. 2. P. 353–358. ISSN 2285-5718
33. Vozhehova R., Tyshchenko A., Tyshchenko O., Dymov O., Piliarska O., Lykhovyd P. Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021. Vol. LXIV. No. 2. P. 435–444.
34. Yuyi Zhou, Rui He, Yuling Guo, Keke Liu, Guanmin Huang et al. A novel ABA functional analogue B2 enhances drought tolerance in wheat. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. P. 2887. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39013-8>
35. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Люта Ю.О. Особливості прояву адаптивних ознак у селекційних популяцій люцерни при вирощуванні на насіння. *Вісник СумНАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Випуск 2(44). С. 3–11. <https://doi.org/10.32845/агrobio.2021.2.1>
36. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Пілярська О.О. Оцінювання посухостійкості селекційного матеріалу люцерни за показниками водного режиму в умовах Півдня України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2021. Vol. 17. No 1. С. 21–29. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204>
37. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни кормового використання в рік сівби за математичними індексами. *Аграрні інновації*. 2022. №13. С. 190–198. DOI <https://doi.org/10.32848/аграр.innov.2022.13.28>
38. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Насіннева продуктивність популяцій люцерни другого року життя та особливості прояву у них адаптивних ознак. *Аграрні інновації*. 2022. №16. С. 94–103. <https://doi.org/10.32848/аграр.innov.2022.16.15>
39. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Особливості прояву адаптивних ознак у популяцій люцерни за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 135–144. <https://doi.org/10.32848/аграр.innov.2022.14.20>

40. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Визначення посухостійкості популяцій люцерни насінневого використання за математичними індексами. *Вісник аграрної науки*. 2023. №1 (838). С. 40–48. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-05>
41. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Посухостійкість популяцій люцерни другого року за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2023. №17. С. 25–36. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.17.4>
42. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Формування стійкості рослин насінневої люцерни в умовах різного екологічного градієнта. *Вісник аграрної науки*. 2023. №3 (840). С. 53–62. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08>
43. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни за насінневого використання в рік сівби. *Аграрні інновації*. 2022. №15. С. 89–96. DOI <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.15.14>
44. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Фундират К.С., Коновалова В.М. Адаптивні ознаки та їх прояв у популяції люцерни другого року за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2023. №18. С. 143–155. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.18.20>
45. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О. Оцінка генотипів люцерни за насінневою продуктивністю на посухостійкість. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: ВД «Гельветика», 2021. №120. С. 155–168. <https://doi.org/10.32851/2226-099.2021.120.21>
46. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О., Пілярська О.О. Адаптивна здатність – важлива ознака в селекції рослин. *Зрошуване землеробство*. 2021. №75. С. 101–109. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19>
-