

УДК 633.81:631.52:631.67

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.21>

## ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ СЕРЕДНЬОРАННІХ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ДО АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**Тищенко А.В.** – д.с.-г.н., старший дослідник,  
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 п'ятнадцяти гібридів соняшника середньоранньої групи стиглості до абіотичних стрес-факторів в умовах Півдня України. Найгірші умови і відповідно, найменший індекс стресового середовища –  $-0,716$ , склалися у 2020 році на ділянці 2, натомість найкращі, при індексі середовища  $1,111$ , на ділянці 1 в 2021 році. Отримані експериментальні дані дозволили виділити гібриди з найбільшою врожайністю за стресових умов: Hysun 158 IT –  $1,797$  т/га, Generalis –  $1,676$ , Isida –  $1,674$  т/га та за сприятливих – Fushia KC –  $3,771$  т/га. Найбільшою середньою врожайністю (Ymean) характеризувалися гібриди Isida –  $2,352$  т/га та Fushia KC –  $2,396$ . За коефіцієнтом регресії ( $b_i$ ) виділені гібриди інтенсивного типу ( $b_i > 1$ ) Fushia KC –  $1,27$  і Electric –  $1,28$ , стабільного типу ( $b_i < 1$ ) Generalis –  $0,62$  і Hysun 158 IT –  $0,58$  та гібрид добре адаптований до різноманітних умов вирощування P63LE10 –  $0,99$ . Між врожайністю за різних умов середовища має місце низька пряма залежність  $r = 0,227$ . Урожайність за стресових умов характеризується високою позитивною кореляцією з показниками адаптивності  $S_c$ ,  $Not$  і  $SVG_i$  ( $r = 0,935-0,978$ ), а з  $s_{gi}$  високу від'ємну  $r = -0,860$ , натомість з урожайністю при оптимальних умовах залежність відсутня. Показники адаптивності  $b_p$ ,  $RS$ ,  $\sigma_{SACi}^2$  і  $K_i$  характеризувалися з врожайністю при стресі середньою від'ємною залежністю ( $r = -0,435-0,500$ ), натомість з врожайністю за оптимальних умов високою позитивною ( $r = 0,726-0,763$ ). За результатами GGE біplot-аналізу гібриди соняшника Generalis і Hysun 158 IT виділені як стабільні по відношенню до абіотичних стрес-факторів, Fushia KC, Гольфстрім, Electric і Chester – як гібриди інтенсивного типу, а гібрид Boston як пластичний, що добре пристосований до різних умов середовища. За показниками адаптивності до абіотичних стрес-факторів та біplot-аналізом, як найбільш стійкі виділені гібриди Generalis і Hysun 158 IT, гібриди Boston і P63LE10 виділені як пластичні, а гібриди Fushia KC, Гольфстрім і Electric як гібриди інтенсивного типу.

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

### **Tyshchenko A.V., Stepanov S.S. Ecological resistance of mid-early sunflower hybrids 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 fifteen sunflower hybrids of the middle-early maturity group to abiotic stress factors in the conditions of Southern Ukraine. The worst conditions and, accordingly, the lowest stress environment index  $-0.716$ , occurred in 2020 at site 2, while the best, with an environmental index of  $1.111$ , were at site 1 in 2021. The obtained experimental data made it possible to identify hybrids with the highest yield under stressful conditions: Hysun 158 IT –  $1.797$  t/ha, Generalis –  $1.676$ , Isida –  $1.674$  t/ha, and under favorable conditions – Fushia KC –  $3.771$  t/ha. The hybrids Isida –  $2.352$  t/ha and Fushia KC –  $2.396$  were characterized by the highest average yield (Ymean). According to the regression coefficient ( $b_i$ ), hybrids of intensive type ( $b_i > 1$ ) Fushia KC –  $1.27$  and Electric –  $1.28$ , stable type ( $b_i < 1$ ) Generalis –  $0.62$  and Hysun 158 IT –  $0.58$  and hybrid well

*adapted to various growing conditions P63LE10 – 0.99. There is a low direct correlation  $r = 0.227$  between yields under different environmental conditions. Productivity under stressful conditions is characterized by a high positive correlation with the adaptability indicators  $S_c$ ,  $Hom$  and  $SVG_i$  ( $r = 0.935–0.978$ ), and with  $s_{si}$  a high negative  $r = -0.860$ , on the other hand, there is no correlation with productivity under optimal conditions. Adaptability indicators  $b_i$ ,  $RS$ ,  $\sigma^2SAC_i$  and  $K_{gi}$  were characterized by a moderate negative relationship with yield under stress ( $r = -0.435...-0.500$ ), but with yield under optimal conditions a high positive relationship ( $r = 0.726–0.763$ ). According to the results of the GGE biplot analysis, the sunflower hybrids *Generalis* and *Hysun 158 IT* are distinguished as stable in relation to abiotic stress factors, *Fushia KC*, *Gulfstream*, *Electric* and *Chester* are classified as intensive type hybrids, and the *Boston* hybrid as plastic, well adapted to various conditions environment According to indicators of adaptability to abiotic stress factors and biplot analysis, the *Generalis* and *Hysun 158 IT* hybrids were selected as the most resistant, the *Boston* and *P63LE10* hybrids were selected as plastic, and the *Fushia KC*, *Gulfstream* and *Electric* hybrids were selected as intensive type hybrids.*

**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 високпродуктивних сортів і гібридів, а й тих, що забезпечують стійкість урожаю в різних агрокліматичних умовах [27, с. 80; 42, с. 56; 43, с. 91]. На сьогоднішні вчені 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 соняшника середньоранньої групи стиглості до абіотичних стрес-факторів в умовах Півдня України.

**Матеріали і методи досліджень.** Реакцію гібридів соняшника 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 15 гібридів соняшника середньоранньої групи стиглості, 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 м<sup>2</sup> 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 – кінець серпня – початок вересня.

Дослідження проводилися на двох ділянках на протязі 2020–2021 рр.: Ділянка 1 – ґрунт темно-каштановий, середньо-суглинковий, залишково-слабо-солонцюватий. 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/см<sup>3</sup>, пористість – 49,5 %, водопроникність – 1,26 мм/хв. Попередники кукурудза і соя, добрива N<sub>40</sub>P<sub>20</sub>. Ділянка 2 – ґрунт темно-каштановий, середньо-суглинковий, залишково-слабо-солонцюватий. 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/см<sup>3</sup>, пористість – 43,6 %, водопроникність – 1,12 мм/хв. Попередники озимий ріпак і соняшник, 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)	j	Т (°С)	Р (мм)	j	Т (°С)	Р (мм)	j
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 соняшника 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 ( $s_{di}^2$ ) [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 ( $\sigma_{(G \times E)_{gi}}^2$ ), варіанси специфічної адаптаційної здатності ( $\sigma_{SAC_i}^2$ ), відносної стабільності генотипу ( $s_{gi}$ ), селекційного значення генотипу ( $SVG_i$ ), 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.** Найгірші умови і відповідно, найменший індекс стресового середовища –  $-0,716$ , склалися у 2020 році на ділянці 2, натомість найкращі, при індексі середовища  $1,111$ , на ділянці 1 в 2021 році. Найбільшою врожайністю за стресових умов характеризувалися гібриди: *Hysun 158 IT* –  $1,797$  т/га, *Generalis* –  $1,676$  та *Isida* –  $1,674$  т/га, а за сприятливих умов виділився гібрид *Fushia KC* –  $3,771$  т/га. Найбільшою середньою врожайністю ( $Y_{mean}$ ) характеризувалися гібриди *Isida* –  $2,352$  т/га та *Fushia KC* –  $2,396$  (табл. 2).

Найбільшим рівнем стійкості досліджуваних гібридів до стресових умов ( $RS$ ), а відповідно і найменшим значенням характеризувався *Hysun 158 IT* –  $1,12$ . Гібриди *Fushia KC* та *Гольфстрим* зі значеннями  $2,32$ – $2,34$  виявилися найбільш нестійкими до стресових умов.

За селекційною цінністю ( $Sc$ ) виділені гібриди *Hysun 158 IT* –  $1,37$ , *Generalis* –  $1,25$  та *Isida* –  $1,15$ . За генетичною гнучкістю ( $Gf$ ) виділені гібриди *Isida* –  $2,54$  та *Fushia KC* –  $2,60$ .

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 ( $b_j > 1$ ) *Fushia KC* –  $1,27$  і *Electric* –  $1,28$ , стабільного типу ( $b_j < 1$ ) *Generalis* –  $0,62$  і *Hysun 158 IT* –  $0,58$ . Якщо  $b_j = 1$ , то гібрид добре адаптований до різноманітних умов вирощування, наближеним до такого є гібрид *P63LE10* –  $0,99$ .

За коефіцієнтом адаптивності ( $CA$ ) виділилися гібриди *Isida* – 113,2 і *Fushia KC* – 115,3. Найвищими значеннями гомеостатичності ( $Hom$ ) характеризувалися гібриди *Generalis* – 10,4 та *Hysun 158 IT* – 12,0.

Таблиця 2

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

Гібрид	Позначення	Урожайність, т/га		Параметри адаптивності						
		$Y_{lim} - Y_{opt}$	$Y_{mean}$	$RS$	$Sc$	$Gf$	$b_i$	$s_{di}^2$	$CA$	$Hom$
<i>Boston</i>	G1	1,521–3,440	2,277	1,92	1,01	2,48	1,05	0,000	109,6	7,4
<i>Electric</i>	G2	1,260–3,420	2,120	2,16	0,78	2,34	1,19	0,015	102,0	5,7
<i>Epic</i>	G3	1,007–2,690	1,677	1,68	0,63	1,85	0,93	0,008	80,7	4,5
<i>Generalis</i>	G4	1,676–2,860	2,128	1,18	1,25	2,27	0,62	0,062	102,4	10,4
<i>Isida</i>	G5	1,674–3,410	2,352	1,74	1,15	2,54	0,93	0,013	113,2	8,7
<i>Proxima</i>	G6	1,141–2,710	1,761	1,57	0,74	1,93	0,86	0,000	84,7	5,4
<i>Hysun 158 IT</i>	G7	1,797–2,920	2,222	1,12	1,37	2,36	0,58	0,092	106,9	12,0
<i>Hysun 162 IT</i>	G8	1,228–3,230	2,024	2,00	0,77	2,23	1,10	0,009	97,4	5,6
<i>Hysun 218</i>	G9	1,375–3,310	2,140	1,94	0,89	2,34	1,06	0,001	103,0	6,4
<i>P63LE10</i>	G10	1,370–3,080	1,961	1,71	0,87	2,23	0,99	0,030	94,4	6,1
<i>Chester</i>	G11	1,396–3,428	2,200	2,03	0,90	2,41	1,12	0,002	105,9	6,5
<i>Fushia KC</i>	G12	1,427–3,771	2,396	2,34	0,91	2,60	1,27	0,006	115,3	6,7
<i>Гольфстрим</i>	G13	1,251–3,570	2,084	2,32	0,73	2,41	1,28	0,029	100,3	5,1
<i>Драган</i>	G14	1,338–3,050	2,066	1,71	0,91	2,19	0,92	0,013	99,4	6,8
<i>Pimicol</i>	G15	0,970–2,950	1,762	1,98	0,58	1,96	1,10	0,030	84,8	4,3
<b>Середнє</b>		<b>1,362–3,189</b>	<b>2,078</b>	<b>1,83</b>	<b>0,90</b>	<b>2,28</b>	<b>1,00</b>	<b>0,021</b>	<b>100,0</b>	<b>6,8</b>
V, %		17,39–10,16	10,27	19,49	24,51	9,68	20,43	118,78	10,27	31,50
$S\dot{x}_{абс.}$		0,06–0,08	0,05	0,09	0,06	0,06	0,05	0,01	2,65	0,55
$S\dot{x}_{віднос.}$		4,49–2,62	2,65	5,03	6,33	2,50	5,28	30,67	2,65	8,13
$HP_{01}$		0,19–0,26	0,17	0,29	0,18	0,18	0,17	0,02	8,41	1,75
$HP_{05}$		0,14–0,19	0,13	0,21	0,13	0,13	0,12	0,01	6,07	1,26

Найвищим ефектом загальної адаптивної здатності ( $GAC_i$ ) відзначилися гібриди *Isida* – 0,27 і *Fushia KC* – 0,32, найменшим значенням – *Epic* – -0,40 (табл. 3).

Стабільність реакції генотипу на зміни умов середовища за продуктивністю визначається величиною варіанси ( $\sigma_{SAC}^2$ ), встановлені найбільш стабільні гібриди *Generalis* – 0,059 та *Hysun 158 IT* – 0,057. Гібриди *Гольфстрим* – 0,223 та *Fushia KC* – 0,214 є нестабільними.

За показником відносної стабільності генотипу ( $s_{gi}$ ), з найменшими його значеннями, були виділені гібриди *Generalis* – 11,5 та *Hysun 158 IT* – 10,8, а за селекційною цінністю генотипу ( $SVG_i$ ) виділилися гібриди *Generalis* – 1,45, та *Hysun 158 IT* – 1,55 та *Isida* – 1,40.

Гібриди *Boston*, *Hysun 218*, *Epic* та *Chester* характеризувалися найменшими значеннями (0,000–0,002) варіанси взаємодії генотипу та середовища ( $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ ), і володіли лінійною реакцією ( $l_{gi}$ ) на зміну умов середовища (0,002–0,020). Проте у гібридів *Boston*, *Hysun 218* та *Chester* переважав ефект дестабілізації ( $K_{gi} > 1$ ). Найнижчими значеннями коефіцієнту компенсації ( $K_{gi}$ ) характеризувалися гібриди *Generalis* – 0,45 та *Hysun 158 IT* – 0,43, натомість у гібридів *Гольфстрім* – 1,67 та *Fushia KC* – 1,61 – найвищі значення.

Таблиця 3

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

Гібрид	Позначення	Урожайність, т/га		Параметри адаптивності						
		$Y_{lim} - Y_{opt}$	$Y_{mean}$	$GAC_i$	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	$\sigma^2_{SAC_i}$	$s_{gi}$	$SVG_i$	$K_{gi}$	$l_{gi}$
<i>Boston</i>	G1	1,521–3,440	2,277	0,20	0,000	0,145	16,7	1,21	1,09	0,002
<i>Electric</i>	G2	1,260–3,420	2,120	0,04	0,007	0,192	20,7	0,90	1,44	0,037
<i>Epic</i>	G3	1,007–2,690	1,677	-0,40	0,002	0,116	20,3	0,73	0,87	0,014
<i>Generalis</i>	G4	1,676–2,860	2,128	0,05	0,028	0,059	11,5	1,45	0,45	0,478
<i>Isida</i>	G5	1,674–3,410	2,352	0,27	0,002	0,118	14,6	1,40	0,89	0,020
<i>Proxima</i>	G6	1,141–2,710	1,761	-0,32	0,003	0,098	17,8	0,89	0,74	0,026
<i>Hysun 158 IT</i>	G7	1,797–2,920	2,222	0,14	0,037	0,057	10,8	1,55	0,43	0,645
<i>Hysun 162 IT</i>	G8	1,228–3,230	2,024	-0,05	0,003	0,163	20,0	0,90	1,23	0,016
<i>Hysun 218</i>	G9	1,375–3,310	2,140	0,06	0,001	0,150	18,1	1,06	1,13	0,004
<i>P63LE10</i>	G10	1,370–3,080	1,961	-0,12	0,004	0,135	18,7	0,94	1,01	0,031
<i>Chester</i>	G11	1,396–3,428	2,200	0,12	0,002	0,166	18,5	1,07	1,25	0,012
<i>Fushia KC</i>	G12	1,427–3,771	2,396	0,32	0,010	0,214	19,3	1,11	1,61	0,048
<i>Гольфстрім</i>	G13	1,251–3,570	2,084	0,01	0,015	0,223	22,6	0,77	1,67	0,066
<i>Драган</i>	G14	1,338–3,050	2,066	-0,01	0,003	0,115	16,4	1,12	0,87	0,022
<i>Рімісол</i>	G15	0,970–2,950	1,762	-0,32	0,006	0,166	23,1	0,63	1,25	0,033
<b>Середнє</b>		<b>1,362–3,189</b>	<b>2,078</b>	<b>0,00</b>	<b>0,008</b>	<b>0,141</b>	<b>17,9</b>	<b>1,05</b>	<b>1,06</b>	<b>0,097</b>
V, %		17,39–10,16	10,27	31,50	128,03	34,91	19,77	25,57	34,70	198,02
$S\dot{x}_{абс.}$		0,06–0,08	0,05	0,55	0,003	0,01	0,92	0,07	0,09	0,05
$S\dot{x}_{віднос.}$		4,49–2,62	2,65	8,13	33,06	9,01	5,10	6,60	8,96	51,13
$HIP_{01}$		0,19–0,26	0,17	1,75	0,009	0,04	2,90	0,22	0,30	0,16
$HIP_{05}$		0,14–0,19	0,13	1,26	0,006	0,03	2,10	0,16	0,22	0,11

Між врожайністю за різних умов середовища має місце низька пряма залежність  $r = 0,227$ . Урожайність гібридів соняшника за оптимальних та лімітуючих умов середовища має високий позитивний кореляційний зв'язок ( $r = 0,703$ – $0,852$ ) з показниками  $Y_{mean}$ ,  $Gf$ ,  $CA$  та  $GAC_i$ . Урожайність за стресових умов характеризується високою позитивною кореляцією з показниками адаптивності  $Sc$ ,  $Hom$  і  $SVG_i$  ( $r = 0,935$ – $0,978$ ), а з  $s_{gi}$  високу від'ємну  $r = -0,860$ , натомість з урожайністю при оптимальних умовах залежність відсутня. Показники адаптивності  $b_p$ ,  $RS$ ,  $\sigma^2_{SAC_i}$

і  $K_{gi}$  характеризувалися з врожайністю при стресі середньою від'ємною залежністю ( $r = -0,435—0,500$ ), натомість з врожайністю за оптимальних умов високою позитивною ( $r = 0,726—0,763$ ) (табл. 4).

За результатами GGE біплот-аналізу гібриди соняшника *Generalis* (G4) і *Hysun 158 IT* (G7), що знаходиться в одній чверті з вектором урожайності при стресі ( $Y_{lim}$ ) та наближені до його вершини, формують високу урожайність за негативних умов середовища і їх можна віднести до стабільних по відношенню до абіотичних стрес-факторів (рис. 1).

Гібриди соняшника *Fushia KC* (G12) та *Гольфстрим* (G13), що знаходяться в одній чверті з вектором урожайності за кращих умов ( $Y_{opt}$ ) та максимально наближений до його вершини характеризуються високою продуктивністю і їх можна характеризувати як гібриди інтенсивного типу. Також до цього типу можна віднести і гібриди *Electric* (G2) і *Chester* (G11).

Гібрид соняшника *Boston* (G1), що знаходиться в одній чверті з вектором урожайності за оптимальних умов ( $Y_{opt}$ ), але наближений до осі абсцис, тобто між векторами умов середовища, формує високу урожайність як за сприятливих, так і негативних умов. Цей гібрид можна віднести до пластичних, що добре пристосований до різних умов середовища.

Гібрид соняшника *Epic* (G3), що знаходиться біля осі абсцис на межі III та IV чвертей, формує високу урожайність як за оптимальних, так і лімітуючих умов та його можна віднести до пластичних, проте у нього продуктивність нижча ніж у гібрида *Boston* (G1).

Таблиця 4

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

	$Y_{opt}$	$Y_{lim}$	$Y_{mean}$	$b_i$	$s_{d_i}^2$	RS	Sc	Gf	CA	Hom	$GAC_i$	$\sigma_{(G \times E)_{gi}}^2$	$\sigma_{s_{ACi}}^2$	$s_{gi}$	$SVG_i$	$K_{gi}$	$l_{gi}$
$Y_{opt}$	<b>1,000</b>	0,227	0,753	0,726	-0,339	0,761	0,038	0,852	0,753	-0,067	0,756	-0,197	0,762	0,262	0,069	0,763	-0,338
$Y_{lim}$	0,227	<b>1,000</b>	0,790	-0,500	0,508	-0,459	0,978	0,703	0,790	0,935	0,786	0,553	-0,436	-0,860	0,967	-0,435	0,634
$Y_{mean}$	0,753	0,790	<b>1,000</b>	0,103	0,079	0,160	0,672	0,973	1,000	0,584	1,000	0,213	0,159	-0,432	0,706	0,161	0,196
$b_i$	0,726	-0,500	0,103	<b>1,000</b>	-0,654	0,996	-0,658	0,262	0,104	-0,726	0,108	-0,578	0,985	0,846	-0,629	0,985	-0,757
$s_{d_i}^2$	-0,339	0,508	0,079	-0,654	<b>1,000</b>	-0,649	0,604	0,027	0,079	0,704	0,076	0,934	-0,522	-0,562	0,485	-0,525	0,931
RS	0,761	-0,459	0,160	0,996	-0,649	<b>1,000</b>	-0,617	0,309	0,161	-0,685	0,165	-0,552	0,985	0,813	-0,582	0,986	-0,733
Sc	0,038	0,978	0,672	-0,658	0,604	-0,617	<b>1,000</b>	0,553	0,672	0,986	0,668	0,636	-0,593	-0,938	0,986	-0,593	0,743
Gf	0,852	0,703	0,973	0,262	0,027	0,309	0,553	<b>1,000</b>	0,973	0,453	0,974	0,155	0,323	-0,270	0,569	0,324	0,095
CA	0,753	0,790	1,000	0,104	0,079	0,161	0,672	0,973	<b>1,000</b>	0,583	1,000	0,212	0,159	-0,431	0,706	0,161	0,195
Hom	-0,067	0,935	0,584	-0,726	0,704	-0,685	0,986	0,453	0,583	<b>1,000</b>	0,580	0,733	-0,648	-0,943	0,960	-0,648	0,837
$GAC_i$	0,756	0,786	1,000	0,108	0,076	0,165	0,668	0,974	1,000	0,580	<b>1,000</b>	0,212	0,164	-0,427	0,703	0,166	0,193
$\sigma_{(G \times E)_{gi}}^2$	-0,197	0,553	0,213	-0,578	0,934	-0,552	0,636	0,155	0,212	0,733	0,212	<b>1,000</b>	-0,427	-0,577	0,537	-0,428	0,960
$\sigma_{s_{ACi}}^2$	0,762	-0,436	0,159	0,985	-0,522	0,985	-0,593	0,323	0,159	-0,648	0,164	-0,427	<b>1,000</b>	0,815	-0,583	1,000	-0,634
$s_{gi}$	0,262	-0,860	-0,432	0,846	-0,562	0,813	-0,938	-0,270	-0,431	-0,943	-0,427	-0,577	0,815	<b>1,000</b>	-0,942	0,814	-0,740
$SVG_i$	0,069	0,967	0,706	-0,629	0,485	-0,582	0,986	0,569	0,706	0,960	0,703	0,537	-0,583	-0,942	<b>1,000</b>	-0,582	0,660
$K_{gi}$	0,763	-0,435	0,161	0,985	-0,525	0,986	-0,593	0,324	0,161	-0,648	0,166	-0,428	1,000	0,814	-0,582	<b>1,000</b>	-0,635
$l_{gi}$	-0,338	0,634	0,196	-0,757	0,931	-0,733	0,743	0,095	0,195	0,837	0,193	0,960	-0,634	-0,740	0,660	-0,635	<b>1,000</b>

\* – Confidence interval (%): 95

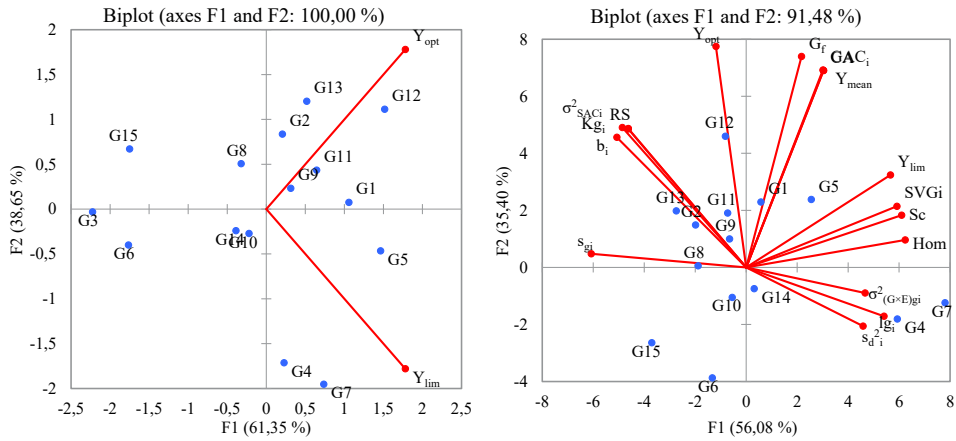


Рис. 1. Генотип-середовищна взаємодія гібридів соняшника і середовищ (метод біплот-аналізу). Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ: ● – умови середовища; ● – гібриди

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

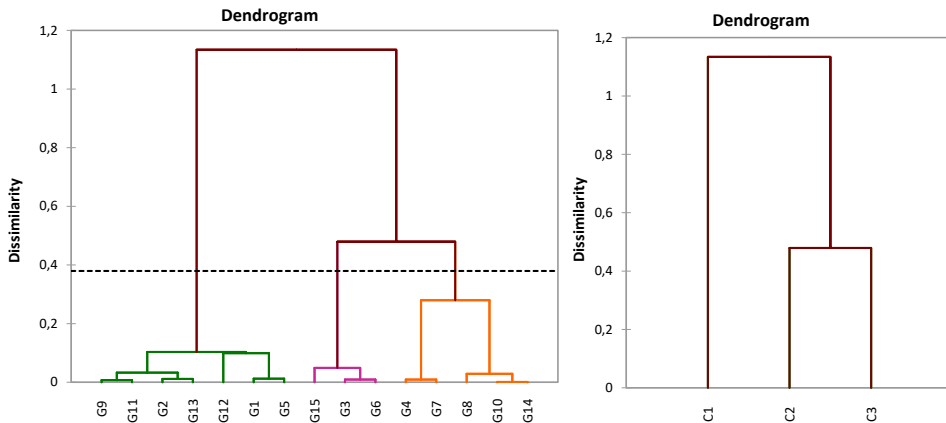


Рис. 2. Дендрограма кластеризації п'ятнадцяти гібридів соняшника за стійкістю до абіотичних стрес-факторів

Найбільш адаптивні до абіотичних чинників гібриди об'єдналися в кластер 3, серед них G4 – *Generalis* і G7 – *Hysun 158 IT*. Гібриди G3 – *Epic*, G6 – *Proxima* і G15 – *Pimicol* з найменшою продуктивністю за обох умов утворили 2 кластер. Останні десять гібридів об'єдналися у 1 кластер, серед яких найбільш інтенсивні гібриди G2 – *Electric*, G12 – *Fushia KC* і G13 – *Гольфстрим*.

Також був проведений кластерний аналіз гібридів соняшника методом k-середніх. До 1 кластера увійшли вісім різних не стійких до абіотичних стрес-факторів



гібридів, порівняно з агломеративним ієрархічним кластерним аналізом з 3 кластеру перейшов гібрид G8 – *Hysun 162 IT*. Найменша відстань до центру кластера спостерігалася у гібрида G11 – *Chester* на рівні 0,020, натомість найбільша 0,326 у гібрида G12 – *Fushia KC* (табл. 5).

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
<i>Boston</i>	G1	1	0,130	1
<i>Electric</i>	G2	1	0,134	1
<i>Epic</i>	G3	2	0,099	2
<i>Generalis</i>	G4	3	0,176	3
<i>Isida</i>	G5	1	0,285	1
<i>Proxima</i>	G6	2	0,125	2
<i>Hysun 158 IT</i>	G7	3	0,258	3
<i>Hysun 162 IT</i>	G8	1	0,272	3
<i>Hysun 218</i>	G9	1	0,138	1
<i>P63LE10</i>	G10	3	0,203	3
<i>Chester</i>	G11	1	0,020	1
<i>Fushia KC</i>	G12	1	0,326	1
<i>Гольфстрім</i>	G13	1	0,186	1
<i>Драган</i>	G14	3	0,220	3
<i>Pimicol</i>	G15	2	0,181	2

До 2 кластера увійшли три гібрида з різною резистентністю до стрес-факторів з найменшою відстанню до центру кластера у гібрида G3 – *Epic* на рівні 0,099, натомість найбільша 0,181 у гібрида G15 – *Pimicol*.

До 3 кластера увійшли чотири стабільних гібрида з найменшою відстанню до центру кластера у гібрида G4 – *Generalis* на рівні 0,176, натомість найбільша 0,258 у гібрида G7 – *Hysun 158 IT*.

**Висновки.** Виділені показниками адаптивності  $Sc$ ,  $Hom$ ,  $s_{gi}$  і  $SVG_p$ , що найбільш повно характеризують стійкість гібридів соняшника до негативних умов середовища. Показники адаптивності  $b_p$ ,  $\sigma_{SACi}^2$  і  $K_{gi}$  розділяють гібриди на інтенсивні, пластичні та стабільні за їх реакцією на стрес від впливу абіотичних чинників.

За показниками адаптивності до абіотичних стрес-факторів та біплот-аналізом, як найбільш стійкі виділені гібриди *Generalis* і *Hysun 158 IT*, гібриди *Boston* і *P63LE10* виділені як пластичні, а гібриди *Fushia KC*, *Гольфстрім* і *Electric* 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 rainfall 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: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 Rainfed 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/agrobio.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/agraar.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/agraar.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 популяції люцерни за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 135–144. <https://doi.org/10.32848/agraar.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/agraar.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/agraar.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/agraar.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/10.32851/2226-0099.2021.120.21>
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>