

ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ ЛЮЦЕРНИ ЗА НАСІННЄВОГО ВИКОРИСТАННЯ В РІК СІВБИ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ТИЩЕНКО А.В. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-1918-6223

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ТИЩЕНКО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий спіробітник
orcid.org/0000-0002-8095-9195

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0001-8649-0618

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ФУНДИРАТ К.С. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-8343-2535

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ГАЛЬЧЕНКО Н.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-1717-5101

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Люцерна – багаторічна кормова культура, що вирощується в усьому світі та характеризується високою продуктивністю біомаси, поживною цінністю, а також сприяє підвищенню родючості ґрунту [23], захищає ґрунти від вітрової та водної ерозії [1; 3]. Крім того, фіксація атмосферного азоту робить її незамінним попередником для інших сільськогосподарських культур.

Люцерна зростає в широкому діапазоні кліматичних умов, від екватора і майже до арктичних полярних кіл [29]. Проте згідно з численними прогнозами глобальна зміна клімату призведе до підвищення температури, зміни географічної структури опадів і в майбутньому до збільшення частоти екстремальних кліматичних явищ [2; 17], що вже спостерігається в умовах Півдня України. Посуха – найбільш поширена екологічна проблема, оскільки обмежує можливості сільськогосподарських рослин, знижуючи їх продуктивність [18; 27]. Пагубні наслідки посухи є серйозним обмеженням для вирощування цієї культури [34; 36]. Але вона за рахунок потужної і розгалуженої кореневої системи вважається культурою з високою посухостійкістю й широкою адаптивністю до посушливих умов [24; 33]. Проте, як і будь-яка інша культура, вона негативно реагує на посуху і, щоб адаптуватися в стресових умовах, у неї виникають морфологічні, фізіологічні, біохімічні або молекулярні зміни, що необхідно враховувати при створенні посухостійких сортів з одночасним підвищенням врожайності та якості продукції.

За настання посушливого періоду рослини люцерни (*Medicago*), скорочують надземну вегетативну масу [11; 12], що обмежує індекс площі листя, і внаслідок чого зменшується продуктивність біомаси. Тому для стабілізації і підвищення продуктивності люцерни потрібно збільшити посухостійкість рослин люцерни, а дослідження цієї ознаки є важливим етапом у селекційних програмах [37].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Величина втрати вологи від евапотранспірації неухильно зростає, і ця тенденція в майбутньому буде тільки погіршуватися [2], тому зниження врожайності, є головною проблемою і в той же час підставою для селекціонерів з посилення робіт з адаптації сільськогосподарських культур до зміни клімату і відповідно підвищення їх продуктивності в стресових умовах [8]. Чутливість рослин до посухи визначається як функція зниження врожайності при водному стресі [20], в порівнянні з потенційною врожайністю. Тому для диференціації генотипів з посухостійкості використовуються різні математичні індекси, які ґрунтуються на продуктивності рослин в оптимальних і стресових умовах [15; 25] для відбору посухостійких генотипів [7; 26; 38].

Rosielle A.A. et al. [31] запропонували використовувати індекс толерантності (TOL), як різницю між врожайністю при зрошенні і врожайністю в умовах природного зволоження, а також середню врожайність (MP), як середнє арифметичне значення врожайності в стресо-

вих і оптимальних умовах. Blum A. [4; 5] визначив індекс посухостійкості (DI), який був загальноприйнятим для визначення генотипів, що забезпечують високу врожайність, як в стресових, так і в кращих умовах. Fisher R. A. et al. [15] рекомендують застосовувати індекс сприйнятливості до стресу (SSI) для визначення стабільності продуктивності рослин, який фіксує значення врожайності в оптимальних і стресових умовах. Fernandez C. J. [14] та Saba J. et al. [32] радять вживати індекс толерантності до стресу (STI) та рекомендують використовувати його в селекційних програмах для скринінгу високоврожайних генотипів в умовах стресу і його відсутності. Для визначення сприйнятливості сортів до стресу через різну інтенсивність посухи в різні роки Fernandez C. J. [14] та Kristin A.S. et al. [21] запропонували використовувати середньгеометричну продуктивність (GMP) сортів в обох середовищах. Крім того, Gavuzzi et al. [16], Bousslama M. et al. [6] та Choukan R. et al. [10] запропонували використовувати індекс врожайності (YI), індекс стабільності врожайності (YSI) і індекс зниження врожайності (YRI) відповідно.

З метою підвищення ефективності індексу STI Farshadfar E. et al. [13] запропонували модифіковані індекси стійкості до стресу (M_1STI , M_2STI), які коригують STI. Для скринінгу посухостійких генотипів в різних умовах середовища Moosavi S.S. et al. [28] представили процентний індекс схильності до стресу (SSPI).

Tyshchenko A.V. et al. [40] запропонували індекс стійкості до стресу ISR, який на їх думку характеризує генотипи за стійкістю до стресу не тільки за меншою різницею врожайності в оптимальних та лімітуючих умовах, але й враховує високу продуктивність при стресі [35; 39].

Виходячи з аналізу літературного матеріалу існує 16 індексів з визначення посухостійкості генотипів, які ми застосовували у своїх дослідженнях.

Мета. Провести оцінку реакції сортів і популяцій люцерни за різних середовищ та визначити кращі не тільки за посухостійкістю, а й за продуктивністю в умовах стресу з подальшим використанням їх в селекційному процесі.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в Інституті зрошеного землеробства НААН (Україна, м. Херсон, сел. Наддніпрянське, 46°44'50.1"N 32°42'30.0"E), що розташоване на Інгупецькому зрошуваному масиві, протягом 2017-2019 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення були сорти та популяції люцерни за насінневого використання на травостої першого року. Продуктивність та посухостійкість визначали з використанням різних індексів розроблених різними авторами: індекс середньої врожайності MP, індекс толерантності до посухи TOL [31], індекс чутливості до посухи SSI, індекс відносної посухостійкості RDI [15], індекс стабільності врожаю YSI [6], індекс урожайності YI [16; 25], індекс толерантності до стресу STI [14], середня геометрична урожайність GMP [14; 21], індекс посухостійкості DI [4, 5, 22], індекс схильності до стресу SSPI [28], модифіковані індекси толерантності до стресу M_1STI , M_2STI , $MSTI$ [17], гармонійна продуктивність HMP [9; 19; 21] та індексом стійкості до стресу ISR [35; 39; 40].

Проведено кореляційний аналіз між індексами врожайності зеленої маси та посухостійкості для визначення найкращих посухостійких генотипів та індексів. Аналіз головних компонентів (PCA) проводили на основі спостережень. Як кореляцію, так і PCA проводили за допомогою Microsoft® Excel 2013/XLSTAT® -Pro (версія 2015.6.01.23953, 2015, Addinsoft, Inc., Бруклін, Нью-Йорк, США). Статистичну обробку експериментальних даних проводили AgroSTAT, Statistica (v. 13).

Результати досліджень та їх обговорення. Погодні умови за роки проведення досліджень різнилися як за температурним режимом, так і за кількістю та характером опадів, що дало можливість проаналізувати сорти та популяції люцерни на стійкість до стресових (посушливих) умов. Найбільший урожай насіння на травостої люцерни першого року життя було отримано у 2019 році (весняний посів) (ГТК – 0,88), тоді як найгірший – у 2018 році (весняний посів) (ГТК – 0,51).

Аналіз стійкості сортів і популяцій люцерни до стресу також проводили за допомогою 14 різних індексів посухостійкості: MP, SSI, TOL, YSI, YI, STI, GMP, RDI, DI, SSPI, M_1STI , M_2STI , ATI, HMP та індексом стійкості до стресу ISR, розробленого нами.

Отримані експериментальні дані дозволили виділити три популяції люцерни, що характеризувалися високим показником індексу MP: М.г. / П. п. – 251,1, Сін(с). / Приморка – 247,4 та М. г. / ЦП-11 – 259,6 з високою врожайністю насіння (395,0; 376,2 й 364,3 кг/га, відповідно), отриманою за сприятливих погодних умов. Але за гірших умов зволоження перші дві популяції мали нижчу продуктивність (107,1 й 118,6 кг/га, відповідно), порівнюючи з М. г. / ЦП-11, у якої вона становила 154,8 кг/га (табл. 1).

Найнижчими індексами чутливості до посухи (SSI) характеризувалися популяції М.г. / ЦП-11, Ж. / ЦП-11 та Т. / Емерауде з показниками 0,83, 0,85 і 0,88, відповідно, але індекс толерантності до посухи (TOL) найменшим (168,6) був у генотипу Ж. / ЦП-11, тоді як М.г. / ЦП-11 і Т. / Емерауде характеризувалися більш високими показниками: 209,5 й 190,5, відповідно.

Індекс стабільності урожаю (YSI) – показник, який визначається відношенням урожайності в умовах стресу до урожайності в оптимальних умовах. За результатами проведених досліджень встановлено, що діапазон його варіювання серед генотипів становив від 0,22 до 0,42. Найвищий YSI мали дві популяції: Ж. / ЦП-11 та М.г. / ЦП-11 з показниками 0,41–0,42. Вони характеризувалися і високою відносною посухостійкістю (RDI) з показниками індексу 1,35 й 1,40, відповідно.

Крім того, популяція М.г. / ЦП-11 характеризувалася високими значеннями ряду індексів: урожайності (YI) – 159,3, толерантності до стресу (STI) – 0,55, середньої геометричної урожайності (GMP) – 237, посухостійкості (DI) – 0,68, гармонійної продуктивності (HMP) – 217, стійкості до стресу (ISR) – 468 та модифікованими індексами толерантності до стресу (M_1STI , M_2STI й $MSTI$) – 0,71, 1,40 й 1,00, відповідно.

Найнижче значенням (26,4) індексу схильності до стресу (SSPI) мала популяція Ж. / ЦП-11.

Таблиця 1

Урожайність насіння популяцій люцерни першого року в умовах природного зволоження та показники індексів посухостійкості (2017–2019 рр.)

Назва	Позна- чення	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	GMP	RDI	DI	SSPI	M ₁ STI	M ₂ STI	MSTI	ATI	HMP	ISR
Унітро, стандарт	G1	269,0	83,3	176,2	0,99	185,7	0,31	85,7	0,22	150	1,02	0,27	29,0	0,15	0,16	0,02	8442	127	175
Елегія	G2	300,0	95,2	197,6	0,98	204,8	0,32	98,0	0,28	169	1,04	0,31	32,0	0,25	0,27	0,07	10511	145	204
Приморка	G3	300,0	107,1	203,6	0,92	192,9	0,36	110,2	0,31	179	1,18	0,39	30,1	0,28	0,38	0,11	10501	158	259
М.г. / П.п.	G4	395,0	107,1	251,1	1,05	287,9	0,27	110,2	0,41	206	0,89	0,30	45,0	0,63	0,50	0,32	17984	169	202
Сін(с) / Приморка	G5	376,2	118,6	247,4	0,98	257,6	0,32	122,0	0,44	211	1,04	0,38	40,3	0,60	0,65	0,39	16525	180	253
LR/H	G6	324,3	71,4	197,9	1,12	252,9	0,22	73,5	0,23	152	0,72	0,16	39,5	0,23	0,12	0,03	11688	117	117
Приморка / Сін(с).	G7	321,4	71,4	196,4	1,12	250,0	0,22	73,5	0,22	151	0,73	0,16	39,1	0,23	0,12	0,03	11502	117	118
А.-Н. д. № 114	G8	333,3	83,3	208,3	1,08	250,0	0,25	85,7	0,27	167	0,82	0,21	39,1	0,29	0,20	0,06	12651	133	148
А.-Н.д. № 15	G9	352,4	131,0	241,7	0,90	221,4	0,37	134,8	0,45	215	1,22	0,50	34,6	0,55	0,82	0,45	14447	191	332
А.-Н. д. № 38	G10	339,0	119,0	229,0	0,93	220,0	0,35	122,5	0,39	201	1,16	0,43	34,4	0,44	0,59	0,26	13420	176	283
Добір за к.с.	G11	304,8	71,4	188,1	1,10	233,4	0,23	73,5	0,21	148	0,77	0,17	36,5	0,19	0,11	0,02	10457	116	122
Ram. d.	G12	297,6	83,8	190,7	1,03	213,8	0,28	86,2	0,24	158	0,93	0,24	33,4	0,21	0,18	0,04	10254	131	162
(Емерауде / Т.) ²	G13	304,8	71,4	188,1	1,10	233,4	0,23	73,5	0,21	148	0,77	0,17	36,5	0,19	0,11	0,02	10457	116	122
Т. / Емерауде	G14	309,5	119,0	214,3	0,88	190,5	0,38	122,5	0,36	192	1,27	0,47	29,8	0,34	0,54	0,18	11103	172	314
М.г. / ЦП-11	G15	364,3	154,8	259,6	0,83	209,5	0,42	159,3	0,55	237	1,40	0,68	32,7	0,71	1,40	1,00	15110	217	468
Зимостійка / М.К.	G16	309,5	95,2	202,4	0,99	214,3	0,31	98,0	0,29	172	1,01	0,30	33,5	0,27	0,28	0,07	11172	146	199
М.агр. / С.	G17	328,6	77,6	203,1	1,10	251,0	0,24	79,9	0,25	160	0,78	0,19	39,2	0,26	0,16	0,04	12173	126	133
А.г. d.	G18	269,0	75,7	172,4	1,03	193,3	0,28	77,9	0,20	143	0,93	0,22	30,2	0,14	0,12	0,02	8377	118	147
М.г. / М.агр.	G19	333,3	85,7	209,5	1,07	247,6	0,26	88,2	0,28	169	0,85	0,23	38,7	0,30	0,22	0,07	12709	136	155
М.г. d.	G20	333,3	95,2	214,3	1,03	238,1	0,29	98,0	0,31	178	0,94	0,28	37,2	0,34	0,30	0,10	12881	148	187
ФХНВ ²	G21	297,6	85,7	191,7	1,02	211,9	0,29	88,2	0,25	160	0,95	0,25	33,1	0,22	0,19	0,04	10278	133	169
В.11 / П. d.	G22	345,2	119,0	232,1	0,94	226,2	0,34	122,5	0,40	203	1,14	0,42	35,4	0,47	0,60	0,28	13924	177	277
Ж. / ЦП-11	G23	285,7	117,1	201,4	0,85	168,6	0,41	120,5	0,33	183	1,35	0,49	26,4	0,26	0,47	0,12	9366	166	336
Сибір. 8. d.	G24	285,7	93,3	189,5	0,97	192,4	0,33	96,0	0,26	163	1,08	0,31	30,1	0,21	0,24	0,05	9540	141	206
Середньопопуляційна		320,0	97,2	208,6	1,00	222,8	0,30	100,0	0,31	176	1,00	0,31	34,8	0,32	0,36	0,16	11895	148	212
Медіана		315,5	94,3	202,7	1,01	220,7	0,30	97,0	0,28	169	0,98	0,29	34,5	0,27	0,26	0,07	11337	143	193
V, %		10,0	22,8	11,3	8,55	12,7	19,36	22,8	29,97	14,5	19,57	42,18	12,7	49,11	82,45	138,64	20,4	18,6	41,5
SX _{абс.}		6,5	4,5	4,8	0,02	5,8	0,01	4,7	0,02	5,2	0,04	0,03	0,9	0,03	0,06	0,04	494,5	5,6	17,9
SX _{віднос.}		2,0	4,7	2,3	1,75	2,6	3,95	4,7	6,12	3,0	3,99	8,61	2,6	10,02	16,83	28,30	4,2	3,8	8,5
НІР ₀₁		20,7	14,3	15,2	0,06	18,4	0,04	14,8	0,06	16,5	0,13	0,09	2,9	0,10	0,19	0,14	1567,5	17,9	56,9
НІР ₀₅		14,9	10,4	11,0	0,04	13,3	0,03	10,7	0,04	11,9	0,09	0,06	2,1	0,07	0,14	0,10	1132,4	12,9	41,1

Таблиця 2
Матриця кореляційних зв'язків між урожайністю насіння люцерни першого року життя за умов природного зволоження та індексами посухостійкості (2017–2019 рр.)

	Y _p	Y _s	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	GMP	RDI	DI	SSPI	M ₁ STI	M ₂ STI	MSTI	ATI	HMP	ISR
Y _p	1,000	0,498	0,913	-0,051	0,736	0,051	0,498	0,733	0,733	0,051	0,313	0,736	0,886	0,584	0,644	0,994	0,588	0,323
Y _s	0,498	1,000	0,809	-0,889	-0,221	0,889	1,000	0,953	0,954	0,889	0,976	-0,221	0,820	0,954	0,863	0,540	0,994	0,971
MP	0,913	0,809	1,000	-0,453	0,395	0,453	0,809	0,946	0,947	0,453	0,672	0,395	0,987	0,845	0,843	0,928	0,867	0,677
SSI	-0,051	-0,889	-0,453	1,000	0,636	-1,000	-0,889	-0,708	-0,714	-1,000	-0,955	0,636	-0,475	-0,773	-0,627	-0,105	-0,835	-0,944
TOL	0,736	-0,221	0,395	0,636	1,000	-0,636	-0,221	0,081	0,080	-0,636	-0,410	1,000	0,356	-0,088	0,051	0,696	-0,114	-0,395
YSI	0,051	0,889	0,453	-1,000	-0,636	1,000	0,889	0,708	0,714	1,000	0,955	-0,636	0,475	0,773	0,627	0,105	0,835	0,944
YI	0,498	1,000	0,809	-0,889	-0,221	0,889	1,000	0,953	0,954	0,889	0,976	-0,221	0,820	0,954	0,863	0,540	0,994	0,971
STI	0,733	0,953	0,946	-0,708	0,081	0,708	0,953	1,000	0,998	0,708	0,871	0,081	0,954	0,959	0,918	0,765	0,978	0,871
GMP	0,733	0,954	0,947	-0,714	0,080	0,714	0,954	0,998	1,000	0,714	0,869	0,080	0,947	0,942	0,889	0,767	0,981	0,867
RDI	0,051	0,889	0,453	-1,000	-0,636	1,000	0,889	0,708	0,714	1,000	0,955	-0,636	0,475	0,773	0,627	0,105	0,835	0,944
DI	0,313	0,976	0,672	-0,955	-0,410	0,955	0,976	0,871	0,869	0,955	1,000	-0,410	0,691	0,922	0,815	0,353	0,945	0,998
SSPI	0,736	-0,221	0,395	0,636	1,000	-0,636	-0,221	0,081	0,080	-0,636	-0,410	1,000	0,356	-0,088	0,051	0,696	-0,114	-0,395
M ₁ STI	0,886	0,820	0,987	-0,475	0,356	0,475	0,820	0,954	0,947	0,475	0,691	0,356	1,000	0,875	0,890	0,911	0,875	0,696
M ₂ STI	0,584	0,954	0,845	-0,773	-0,088	0,773	0,954	0,959	0,942	0,773	0,922	-0,088	0,875	1,000	0,972	0,609	0,955	0,932
MSTI	0,644	0,863	0,843	-0,627	0,051	0,627	0,863	0,918	0,889	0,627	0,815	0,051	0,890	0,972	1,000	0,661	0,875	0,833
ATI	0,994	0,540	0,928	-0,105	0,696	0,105	0,540	0,765	0,767	0,105	0,353	0,696	0,911	0,609	1,000	0,629	1,000	0,940
HMP	0,588	0,994	0,867	-0,835	-0,114	0,835	0,994	0,978	0,981	0,835	0,945	-0,114	0,875	0,955	0,875	0,629	1,000	0,940
ISR	0,323	0,971	0,677	-0,944	-0,395	0,944	0,971	0,871	0,867	0,944	0,998	-0,395	0,696	0,932	0,358	0,940	0,940	1,000

За індексом абіотичної толерантності (ATI) були виділені популяції М.г. / П.п. та Сін(с). / Приморка, що мали найвищі значення 17984 й 16525, відповідно. Розмах варіювання цього індексу серед генотипів був великим: 8377–17984.

Індекси MP, STI, GMP, M₁STI мали високу кореляцію (0,913; 0,733; 0,733 та 0,886, відповідно) з врожайністю насіння за кращих умов (Y_p) та високу залежність (0,809; 0,953; 0,954 та 0,820, відповідно) з врожайністю насіння за гірших умов (Y_s), що призводить до відбору сортів з високою врожайністю при оптимальних умовах, які менш толерантні до стресу (табл. 2).

Урожайність насіння селекційних номерів люцерни за гірших умов (Y_s) має високий кореляційний зв'язок (1,000; 0,976; 0,954; 0,863; 0,994 та 0,971, відповідно) з індексами YI, DI, M₂STI, MSTI, HMP та ISR, проте з врожайністю насіння за кращих умов (Y_p) вони мають середню залежність (0,498; 0,313; 0,584; 0,644; 0,588 та 0,323, відповідно). Індекси SSI, YSI, RDI характеризувалися також високою залежністю (-0,889; 0,889 та 0,889, відповідно) з врожайністю насіння за гірших умов (Y_s), проте з врожайністю насіння за кращих умов (Y_p) вони мають середню залежність (-0,051; 0,051 та 0,051, відповідно).

Середній зв'язок ($r = 0,540$) існує між урожайністю насіння, отриманого за гірших умов та індексом абіотичної толерантності (ATI), проте він має високий (0,994) за кращих умов, що обумовлено спрямованістю цього показника до відбору популяцій, вирощених за кращих умов. Висока кореляційна залежність ($r = 0,736$) спостерігалася у Y_p з індексами TOL та SSPI та низька відємна ($r = -0,221$) з урожайністю насіння, отриманого за гірших умов. На першому році життя між урожайностями насіння, вирощеного за різних умов (сприятливі і несприятливі) має місце середня позитивна кореляційна залежність ($r = 0,498$).

За результатами GGE біплот-аналізу на травостой першого року життя виділялася більш стійка до посухи популяція G15 – М. г. / ЦП-11, що знаходиться в одній чверті з вектором урожайності насіння за гірших умов (Y_s) та максимально наближена до його вершини (рис. 1).

Генотипи G9 – А.-Н.д. № 15, G10 – А.-Н. д. № 38, G14 – Т. / Емерауде та G22 – В.11 / П. д. також перебувають в одній чверті з вектором урожайності насіння за гірших умов (Y_s) та мають високу продуктивність, але поступаються популяції М. г. / ЦП-11.

Популяція G4 – М.г./ П.п. та G5 – Син (с)/ Приморка, що розміщуються в одній чверті з вектором урожайності насіння за кращих умов, добре відгукується на поліпшення умов зволоження, але показують зниження урожайності за гірших умов.

Заслугує на увагу генотип G23 – Ж./ ЦП-11, що розташований майже на осі ординат між пер-

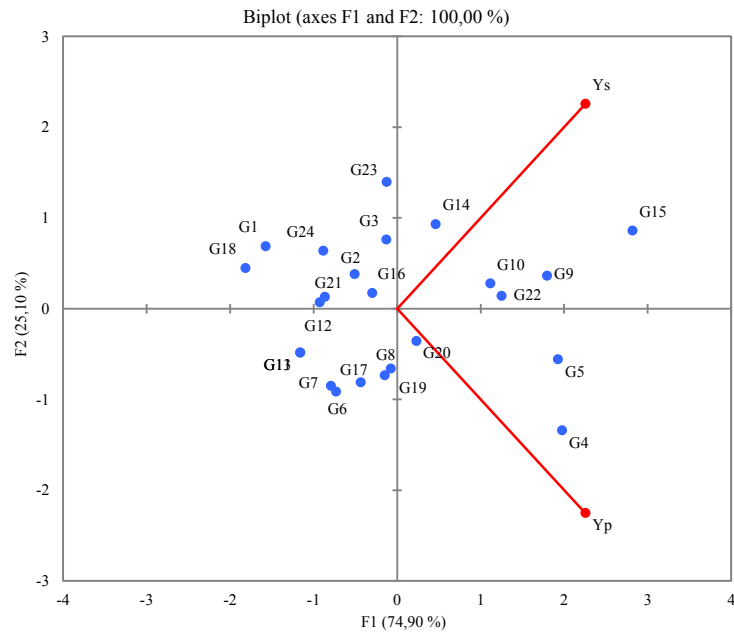


Рис. 1. Генотип-середовищна взаємодія популяцій люцерни і середовищ (метод біпловт-аналізу). Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ:
 ● – умови зволоження; ● – генотип

шою та четвертою чвертями. Він має низьку (285,7 кг/га) насіннєву продуктивність за кращих умов та високу (117,1 кг/га) – при гірших, тобто його можна вважати найбільш стабільним за урожайністю насіння.

Висновки. За кореляційним аналізом було відібрано дев'ять індексів: SSI, YI, YSI, DI, RDI, M₂STI, MSTI, HMP та ISR.

За індексами посухостійкості та біпловт-аналізом генотипи люцерни були поділені на групи для різних умов вирощування:

– популяція Ж./ ЦП-11 найслабкіше реагує на погіршення умов зволоження;

– популяція М.г./ ЦП-11 є пластичною та може формувати високі врожаї як при кращих (364,30 кг/га), так і гірших (154,80) умовах;

– популяції М.г./ П.п. та Син (с). / Приморка вибагливі до умов зволоження, тому найбільшу урожайність насіння формують при зрошенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M. Forage and pasture species: The uses in Maghreb (Algeria, Morocco, and Tunisia). FAO, Rome, Italy. 2002.
2. Aleksandrov V. Climate change on the Balkan Peninsula. *Ecology and future*. 2002. Vol. I, № 2-4. P. 26-30.
3. Annicchiarico P., Pecetti L., Abdelguerfi A., Bouizgaren A., Carroni A. M., Hayek T., et al. Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Research*. 31 January 2011. Volume 120, Issue 2. P. 283-291. doi:10.1016/j.fcr.2010.11.003.
4. Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural*

Research. 2005. Vol. 56, № 11. P. 1159–1168. <https://doi.org/10.1071/AR05069>

5. Blum A. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 1988.
6. Bouislama 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
7. Boussen H., BenSalem M., Slama A., Mallek-Maalej E., Rezgui S. Evaluation of drought tolerance indices in durum wheat recombinant inbred lines. *Options Mediterraneennes*. 2010. 95, 79-83. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a95/00801329.pdf>
8. Cattivelli L., Rizza F., Badeck F. W., Mazzucotelli E., Mastrangelo A. M., Francia E., Marè C., Tondelliand A., Stanca A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*. 2008. 105. P. 1-14. doi:10.1016/j.fcr.2007.07.004
9. Chakherchaman S. A., Mostafaei H., Imanparast L., Eivazian M. R. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2009. 7:283-288.
10. Choukan R., Taherkhani T., Ghannadha M. R., Khodarahmi M. Evaluation of drought tolerance in grain maize in bred lines using drought tolerance indices. *Iran. J. Agric. Sci*. 2006. Vol. 8, Issue 1. P. 79-89.
11. Djamal Bellague, Mahfoud M'Hammedi-Bouzina, Aïssa Abdelguerfi. Measuring the performance of perennial alfalfa with drought tolerance indices. *Chilean journal of agricultural*. 76 (3). 2016. p. 273-284. doi:10.4067/S0718-58392016000300003
12. Durand J. L. Les effets du stress hydrique sur la plante: The effects of water stress on the plant: Physiological aspects. *Fourrages*, 190, 2007. P. 181-195.

13. Farshadfar E., Sutka J. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun.* 2002. 31. P. 33-40. <https://www.jstor.org/stable/23787201>
14. 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.
15. 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
16. 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.
17. Harrison M. T., Tardieu F., Dong Z., Messina C. D., Hammer G. L. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Glob. Change Biol.* 2014. Volume 20, Issue 3. P. 867-878. [Doi:10.1111/gcb.12381](https://doi.org/10.1111/gcb.12381).
18. Hussain S.S., Raza H., Afzal I., Kayani M.A. Transgenic plants for abiotic stress tolerance: Current status. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 2012. Volume 58, Issue 7. P. 693-721. [doi:10.1080/03650340.2010.540010](https://doi.org/10.1080/03650340.2010.540010).
19. 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. 3(4):33-38.
20. Koleva M., Dimitrova V. Evaluation of drought Tolerance in new cotton cultivars using stress tolerance indices. *Agrofor International Journal.* 2018. Vol. 3, Issue 1. P. 11-17. [Doi:10.7251/AGRENG1801011K](https://doi.org/10.7251/AGRENG1801011K)
21. Kristin A. S., Serna R. R., Perez F. I., Enriquez B. C., Gallegos J. A. A., Vallejo P. R., Wassimi N., Kelley J. D. Improving common bean performance under drought stress. *CropSci.* 1997. 37. P. 43-50.
22. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica.* 1998. Vol. 7. P. 85–87.
23. Latrach L., Farissi M., Mouradi M., Makoudi B., Bouizgaren A., Ghoulam C. Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry.* 2014. 38. P. 320-326. [doi:10.3906/tar-1305-52](https://doi.org/10.3906/tar-1305-52)
24. Lemaire G. La luzerne: Alfalfa. Productivity and quality. In Abdelguerfi, A. (ed.) forage Fabaceae diversity and their symbionts: biotechnological, agronomic and environmental applications. International Workshop, Algiers, Algeria. 2006. p. 174-182.
25. Lin C. S., Binns M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci.* 1988. 68. P. 193–198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>
26. Mitra J. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Sci.* 2001. 80. P. 758-762.
27. Mollasadeghi V., Valizadeh M., Shahryari R., Imani A. A. Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Sciences Journal.* 2011. Volume 13, Issue 3. P. 545-551.
28. 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. 2008. *Desert* 12. P. 165-178.
29. Muthukumar Bagavathiannan, Rene C. Van Acker. The Biology and Ecology of Feral Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Its Implications for Novel Trait Confinement in North America. March 2009. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2009. Volume 28, Issue 1-2. P. 69-87. [DOI: 10.1080/07352680902753613](https://doi.org/10.1080/07352680902753613)
30. Naeemi M., Akbari G., Shirani Rad A. H., Modares Sanavi S. A. M., Sadat Nuri S. A., Jabari H. Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. *Electronic J. Crop Prod.* 2008. 1(3): 83-98. (www.ejcp.info) (In Persian).
31. 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](https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x)
32. Saba J., Moghaddam M., Ghassemi K., Nishabouri M. R. Genetic properties of drought resistance indices. *J. Agric. Sci. Technol.* 2001. 3. P. 43-49.
33. Shuo Li, Liqiang Wan, Zhongnan Nie, Xianglin Li. Fractal and Topological Analyses and Antioxidant Defense Systems of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Root System under Drought and Rehydration Regimes. *Agronomy.* 2020. Volume 10, Issue 6. P. 1-21. [Doi:10.3390/agronomy10060805](https://doi.org/10.3390/agronomy10060805).
34. Vasconcelos E. S. D., Barioni Junior W., Cruz C. D., Ferreira R. D. P., Rassini J. B., Vilela D. Alfalfa genotype selection for adaptability and stability of dry matter production. *Acta Sci. Agron.* 2008. Vol. 30, № 3. P. 339–343. [Doi: 10.4025/actasciagr.v30i3.3511](https://doi.org/10.4025/actasciagr.v30i3.3511).
35. Voznehova Raisa, Tyshchenko Andrii, Tyshchenko Olena, Dymov Oleksandr, Piliarska Olena, Lykhovyd Pavlo. Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy.* 2021. Vol. LXIV, No. 2, P. 435-444.
36. Wang Z., Ke Q., Kim M. D., Kim S. H., Ji C. Y., Jeong J. C. et al. Transgenic alfalfa plants expressing the sweet potato orange gene exhibit enhanced abiotic stress tolerance. *PLoS ONE.* 2015. 10. [Doi: 10.1371/journal.pone.0126050](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126050).
37. Yu L-X. Identification of Single-Nucleotide Polymorphic Loci Associated with Biomass Yield under Water Deficit in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Using Genome-Wide Sequencing and Association Mapping. *Front. Plant Sci.* June 2017, Volume 8. P. 1152 [Doi: 10.3389/fpls.2017.01152](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01152)
38. Zou G. H., Liu H. Y., Mei H. W., Liu G. L., Yu X. Q., Li M. S., Wu J. H., Chen L., Luo L. J. Screening for Drought Resistance of Rice Recombinant Inbred Populations in the Field. *J. Integr. Plant Biol.* 2007. 49(10), 1508–1516.
39. 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. [DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1](https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1)
40. Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О. Оцінка генотипів люцерни за насіннєвою продуктивністю на посухостійкість. *Таврійський науковий вісник.* Херсон: ВД «Гельветика», 2021. №120. С. 155–168. [DOI https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21](https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21)

REFERENCES:

1. Abdelguerfi, A., & Abdelguerfi-Laouar, M. (2002). Forage and pasture species: The uses in Maghreb (Algeria, Morocco, and Tunisia). FAO, Rome, Italy
2. Aleksandrov, V. (2002). Climate change on the Balkan Peninsula. *Ecology and Future*. Vol. 1(2-4), 26-30
3. Annicchiarico, P. et al. (2011). Adaptation of land-race and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Research*, 120(2), 283-291
4. Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1159–1168
5. Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 9781351075718
6. Bouslama, M., & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24(5), 933–937
7. Boussem, H. et al. (2010). Evaluation of drought tolerance indices in durum wheat recombinant inbred lines. In Proceeding of Second International Conference on Drought Management FAO-CIHEAM, Istanbul, Turkey (pp. 4-6).
8. Cattivelli, L. et al. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field crops research*, 105(1-2), 1-14
9. Chakherchaman, S.A., Mostafaei H., Imanparast L., & Eivazian, M.R. (2009). Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of food, agriculture & environment (JFAE)*, 7, 283-288
10. Choukan, R., Taherkhani, T., Ghanadha, M.R., & Khodarahmi, M. (2006). Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 79-89
11. Bellague, D., M'Hammedi-Bouzina, M., & Abdelguerfi, A. (2016). Measuring the performance of perennial alfalfa with drought tolerance indices. *Chilean journal of agricultural research*, 76(3), 273-284
12. Durand, J.L. (2007). Les effets du stress hydrique sur la plante: The effects of water stress on the plant: Physiological aspects. *Fourrages*, 190, 181-195
13. Farshadfar, E., & Sutka, J. (2002). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun*. Vol. 31. P. 33–40. <https://www.jstor.org/stable/23787201>
14. Fernandez, C.J. (1992). 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, P. 257–270
15. Fisher, R.A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 29, № 5. P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897 [in English].
16. Gavuzzi, P. et al. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*. Vol. 77. № 4. P. 523–531
17. Harrison, M.T. et al. (2014). Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global change biology*, 20(3), 867-878
18. Hussain, S.S., Raza, H., Afzal, I., & Kayani, M.A. (2012). Transgenic plants for abiotic stress tolerance: current status. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(7), 693-721
19. Jafari, A., Farzad, P., & Jami Al-Ahmadi, M. (2009). Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *International Journal of Plant Production*, 3(4), 33–38
20. Koleva, M., & Dimitrova, V. (2018). Evaluation of drought tolerance in new cotton cultivars using stress tolerance indices. *AGROFOR*, 3(1), 11-17
21. Kristin, A.S. et al. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *CropSci*. 37, P. 43-50
22. Lan, J. (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*. Vol. 7. P. 85–87
23. Latrach, L., et al. (2014). Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 320-326
24. Lemaire, G. (2006). La luzerne: Alfalfa. Productivity and quality. In: Forage Fabaceae diversity and their symbionts: biotechnological, agronomic and environmental applications. International Workshop, Algiers, Algeria, pp. 174-182
25. Lin, C.S., & Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci*. 68, P. 193–198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>
26. Mitra, J. (2001). Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science*, 80, 758-763
27. Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R., & Imani, A.A. (2011). Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Sciences Journal*, 13(3), 545-551
28. Moosavi, S.S. et al. (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *H. Dashti's Lab.*, 12, 165–178
29. Bagavathiannan, M.V., & Van Acker, R.C. (2009). The biology and ecology of feral alfalfa (*Medicago sativa* L.) and its implications for novel trait confinement in North America. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(1-2), 69-87
30. Naeemi, M. et al. (2008). Evaluation of drought tolerance in different canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. *Electronic Journal of Crop Production*, 1(3):83-98
31. Rosielle, A.A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. Vol. 21, № 6. P. 943–946. [doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x](https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x)
32. Saba, J., Moghadam, M., Ghasemi, K., & Nishabouri, M. R. (2001). Genetic properties of drought resistance indices. *Journal of Agricultural Science technology*, 3, 43-49
33. Li, S., Wan, L., Nie, Z., & Li, X. (2020). Fractal and topological analyses and antioxidant defense systems of alfalfa (*Medicago sativa* L.) root system under drought and rehydration regimes. *Agronomy*, 10(6), 805
34. Vasconcelos, E.S.D. et al. (2008). Alfalfa genotype selection for adaptability and stability of dry matter production. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(3), 339-343
35. Vozhehova, R. et al. (2021). Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) geno-

- types. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXIV, No. 2, P. 435-444
36. Wang, Z., et al. (2015). Transgenic alfalfa plants expressing the sweetpotato Orange gene exhibit enhanced abiotic stress tolerance. *PLoS One*, 10(5), e0126050.
37. Yu, L.X. (2017). Identification of single-nucleotide polymorphic loci associated with biomass yield under water deficit in alfalfa (*Medicago sativa* L.) using genome-wide sequencing and association mapping. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1152
38. Zou, G.H. et al. (2007). Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(10), 1508-1516
39. Vozhehova, R.A. et al. (2021). Osoblyvosti proiavu adaptivnykh oznak u selektsiinykh populatsii liutserny pry vyroshchuvanni na nasinnia [Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa when grown from seed]. *Visnyk SumNAU. Seriya «Ahronomiia i biolohiia» – Bulletin of SumNAU. Agronomy and Biology Series*. 2(44). 3-11. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1> [in Ukrainian].
40. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D. & Lyuta, Yu.O. (2021). Otsinka henotypiv liutserny za nasinnievoiu produktyvnistiu na posukhostiikist [Evaluation of alfalfa genotypes by seed productivity for drought resistance]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Kherson: VD «Helvetyka» – Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Helvetica*, 120, 155–168. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21> [in Ukrainian].

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

Мета. Провести оцінку реакції сортів і популяцій люцерни за різних середовищ та визначити кращі не тільки за посухостійкістю, а й за продуктивністю в умовах стресу з подальшим використанням їх в селекційному процесі. **Методи.** Дослідження проводили в Інституті зрошуваного землеробства НААН (Україна, м. Херсон, сел. Наддніпрянське, 46°44'50.1"N 32°42'30.0"E), що розташований на Інгулецькому зрошуваному масиві, протягом 2017–2019 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення були сорти та популяції люцерни. Продуктивність та посухостійкість визначали з використанням індексів: середня урожайність (MP), індекс сприятливості до посухи (SSI), індекс толерантності до посухи (TOL), індекс стабільності урожаю (YSI), індекс урожайності (YI), індекс толерантності до стресу (STI), середня геометрична (пропорційна) урожайність (GMP), індекс відносної стійкості до посухи (RDI), індекс посухостійкості (DI), індекс схильності до стресу (SSPI), модифіковані індекси толерантності до стресу (M₁STI, M₂STI, MSTI), індекс абіотичної толерантності (ATI), гармонійна середня продуктивність (HMP) та індекс стійкості до стресу (ISR). **Результати.** Погодні умови за роки проведення досліджень різнилися як за температурним режимом, так і за кількістю та характером опадів, що дало можливість проаналізувати сорти та популяції люцерни за насінневою продуктивністю на стійкість до стресових (посушливих) умов вирощування. Найнижчими індексами чутливості до посухи (SSI) характеризувалися популяції M.g. / ЦП-11, Ж. / ЦП-11 та Т. / Емерауде з показниками 0,83, 0,85 і 0,88. Найвищий YSI мали дві популяції: Ж. / ЦП-11 та M.g. / ЦП-11 з показниками

0,41–0,42. Вони характеризувалися і високою відносною посухостійкістю (RDI) з показниками індексу 1,35 й 1,40, відповідно. Крім того, популяція M.g. / ЦП-11 характеризувалася високими значеннями ряду індексів: урожайності (YI) – 159,3, толерантності до стресу (STI) – 0,55, середньої геометричної урожайності (GMP) – 237, посухостійкості (DI) – 0,68, гармонійної продуктивності (HMP) – 217, стійкості до стресу (ISR) – 468 та модифікованими індексами толерантності до стресу (M₁STI, M₂STI й MSTI) – 0,71, 1,40 й 1,00, відповідно. **Висновки.** За кореляційним аналізом було відібрано дев'ять індексів: SSI, YI, YSI, DI, RDI, M₂STI, MSTI, HMP та ISR. За індексами посухостійкості та біплот-аналізом була виділена популяція Ж. / ЦП-11, що найслабніше реагує на погіршення умов зволоження.

Ключові слова: люцерна, насіннева продуктивність, посухостійкість, математичні індекси, біплот-аналіз.

Vozhehova R.A., Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Piliarska O.O., Fundyrat K.S., Halchenko N.M. Estimation of drought resistance of alfalfa populations by seed use in the year of sowing

Purpose. Assess the response of alfalfa varieties and populations in different environments and determine the best not only in terms of drought resistance, but also in terms of productivity under stress with their subsequent use in the breeding process. **Methods.** The research was conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS (Ukraine, Kherson, Naddnipyrianske village, 46° 44'50.1" N 32° 42'30.0" E), located on the Ingulets irrigated massif, during 2017–2019 in the field. Lucerne varieties and populations were studied. Productivity and drought resistance were determined using the following indices: average yield (MP), droughttoleranceindex (SSI), droughttoleranceindex (TOL), yield stability index (YSI), yield index (YI), stress tolerance index (STI), geometric mean (proportional) yield (GMP), relative drought resistance index (RDI), drought resistance index (DI), stress tolerance index (SSPI), modified stress tolerance indices (M₁STI, M₂STI, MSTI), abiotic tolerance index (ATI), harmonic average performance (HMP) and stress resilience index (ISR). **Results.** Weather conditions over the years of research differed both in temperature and in the amount and nature of precipitation, which made it possible to analyze alfalfa varieties and populations for seed productivity for resistance to stressful (arid) growing conditions. The lowest drought susceptibility indices (SSI) were characterized by populations of M.g. / CP-11, J. / CP-11 and T. / Emeraude with indicators of 0.83, 0.85 and 0.88. Two populations had the highest YSI: J. / CP-11 and M.g. / CPU-11 with indicators of 0.41-0.42. They were also characterized by high relative drought resistance (RDI) with index values of 1.35 and 1.40, respectively. In addition, the population of M.g. / CP-11 was characterized by high values of a number of indices: yield (YI) - 159.3, stress tolerance (STI) – 0.55, geometric mean yield (GMP) – 237, drought resistance (DI) – 0.68, harmonious productivity (HMP) – 217, stress resistance (ISR) – 468 and modified stress tolerance indices (M₁STI, M₂STI and MSTI) – 0.71, 1.40 and 1.00, respectively. **Conclusions.** Nine indices were selected for correlation analysis: SSI, YI, YSI, DI, RDI, M₂STI, MSTI, HMP and ISR. According to the drought resistance indices and biplot analysis, the population of J. / CP-11 was selected, which reacts the weakest to the deterioration of humidification conditions.

Key words: alfalfa, seed productivity, drought resistance, mathematical indices, biplot analysis.