

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ АДАПТИВНИХ ОЗНАК У СЕЛЕКЦІЙНИХ ПОПУЛЯЦІЙ ЛЮЦЕРНИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ НА НАСІННЯ

**Вожегова Раїса Анатоліївна**

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України, директор  
Інститут зрошуваного землеробства НААН України, м. Херсон, Україна  
ORCID: 0000-0002-3895-5633

**Тищенко Андрій Вікторович**

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
Інститут зрошуваного землеробства НААН України, м. Херсон, Україна  
ORCID: 0000-0003-1918-6223  
tischenko\_andriy@ukr.net

**Тищенко Олена Дмитрівна**

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
Інститут зрошуваного землеробства НААН України, м. Херсон, Україна  
ORCID: 0000-0002-8095-9195  
elenat1946@ukr.net

**Димов Олександр Миколайович**

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
Інститут зрошуваного землеробства НААН України, м. Херсон, Україна  
ORCID: 0000-0002-7839-0956

**Люта Юлія Олександрівна**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
ДВНЗ Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, Україна  
yuliya.luta@gmail.com

*Вивчено адаптивні ознаки у популяції люцерни: пластичність, стабільність, генетичну гнучкість, загальну і специфічну адаптивність при насінневому використанні, виділено перспективний матеріал для подальшого використання його у селекційному процесі. Дослідження проводились в Інституті зрошуваного землеробства НААН України протягом 2017–2020 рр. Об'єктом вивчення слугували 24 популяції люцерни. Для оцінки умов вирощування використовували індекси умов середовища (Ij). Найбільш сприятливі умови для формування насінневої продуктивності склалися у 2019 році (Ij = + 123,87), у 2017 році вони були несприятливими (Ij = - 24,94), у 2018 році – дуже несприятливі (Ij = - 98,93). Урожайність насіння у генотипів люцерни коливалась від 169,57 до 243,10 кг/га. Встановлено високий позитивний зв'язок урожайності насіння у популяції люцерни (r = 0,768–0,882) з показником генетичної гнучкості (Gf), загальної адаптивної здатності (OACi) (r = 0,799–0,891) та коефіцієнтом адаптивності (KA) (r = 0,799–0,891). Аналізуючи отримані дані за насінневою продуктивністю, популяції люцерни першого року за параметрами адаптивної здатності та біплот-аналізом можна розділити на три групи: інтенсивного типу, стабільні та адаптовані до різних умов. До найкращих стабільних популяцій відносяться: М.г./ЦП-11 і Ж./ЦП-11, інтенсивного типу – LR/ Н, Приморка / Сін(с) та адаптованих до різних умов – Син (с)/Приморка і А.-Н.д. № 15. Комплексна оцінка популяцій за врожайністю насіння люцерни і параметрам адаптивності з використанням різних методик і біплот-аналізу дозволила виділити генотипи, що мають високу потенційну продуктивність і найбільшу адаптивність. До них відносяться генотипи: стабільні М.г./ЦП-11 і Ж./ЦП-11, інтенсивного типу – LR/ Н, Приморка / Сін(с) та адаптованих до різних умов – Син (с)/Приморка і А.-Н.д. № 15, які доцільно використовувати у селекційному процесі люцерни на адаптивність при створенні нових сортів.*

**Ключові слова:** генотип, насіннева продуктивність, параметри адаптивних ознак, кореляція, біплот-аналіз.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1>

**Вступ.** Люцерна – багаторічна кормова культура, що вирощується в усьому світі, та серед кормових бобових культур характеризується високою продуктивністю біомаси, поживною цінністю з високим вмістом білка. Вона сприяє підвищенню родючості ґрунту (Latrach et al., 2014), захищає ґрунти від вітрової та водної ерозії (Abdelguerfi & Abdelguerfi-Laouar, 2002). Крім того, фікса-

ція атмосферного азоту робить її незамінним попередником для інших сільськогосподарських культур.

Згідно з численними прогнозами, глобальна зміна клімату призведе до підвищення температури, зміни географічної структури опадів і у майбутньому – до збільшення частоти екстремальних кліматичних явищ (Harrison, 2014). Пагубні наслідки абіотичного стресу є серйозним обме-

женням для вирощування цієї культури (Vasconcelos et al., 2008; Wang, 2015; Tyshchenko et al., 2021).

Одним із основних питань, що стоять перед селекціонерами люцерни, є створення оптимального генотипу, здатного стабільно реалізовувати свій потенціал і при цьому реагувати на зміну умов вирощування. У зв'язку з цим, виникає потреба у різнобічній оцінці селекційного матеріалу за адаптивними ознаками і врожайністю у конкретних агроекологічних умовах. Крім того, для швидкого розмноження та впровадження у виробництво перспективних сортів люцерни вони повинні мати високу насінневу продуктивність та бути адаптованими до різних умов вирощування.

За постійного впливу несприятливих чинників навколишнього середовища: температурні коливання, посухи, надмірне зволоження, засолення ґрунту тощо, кожен рослинний організм здатний адаптуватись до цих умов тільки у межах, обумовлених нормою реакції його генотипу. Чим вища здатність виду змінювати метаболізм, відповідно до діапазонів мінливих умов, тим ширша норма його реакції та вища еколого-адаптивна спроможність (Zajceva, 2015; Zhuchenko, 2009). Сьогодні вимагає ведення безперервного селекційного процесу з постійним його удосконаленням для забезпечення стабільності та зростання кормової і насінневої продуктивності культури, шляхом створення і впровадження нових сортів. На думку О. В. Кільчевського та Л. В. Хотильової саме адаптивна селекція забезпечує пристосувальні можливості сортів з максимальною і стабільною продуктивністю, поєднання продуктивності та стійкості до абіотичних, біотичних стресів в одному сорті та контроль екологічної стабільності (Kil'chevskij & Hotyleva, 2008). Проте основне завдання сучасної селекції повинне бути спрямоване на створення сортів з підвищеною екологічною стійкістю, посиленням їх здатності забезпечувати високу та стабільну врожайність за різних умов вегетації (Goncharenko, 2016, a, b), тобто підтримувати високий рівень адаптації рослин до комплексу біотичних і абіотичних факторів навколишнього середовища (Aseeva & Zenkina, 2019).

За визначенням Лавриненка Ю. О. та ін. адаптивна селекція включає пластичність, стабільність у вузькому та широкому розумінні, тобто здатність генотипів зводити до мінімуму негативні наслідки впливу навколишнього середовища (Tyshchenko et al., 2021). На думку В. В. Базалія такі терміни, як стабільність, пластичність і гомеостатичність трактуються по-різному: іноді вони протиставляються один одному, або вважаються однозначними, а інколи доповнюють один одного (Bazalij, 2004). Пластичність і стабільність – це головні пристосувальні властивості рослин, що є відображенням модифікаційної мінливості під впливом факторів довкілля. Пластичність ознак – це здатність генотипу змінюватись під впливом факторів середовища у межах, які контролюються самим генотипом (Orljuk & Goncharova, 2002). Стабільність – це показник стійкості сорту в реалізації певного фенотипу в різних умовах середовища (Litun, 1980). Це дві протилежні сторони модифікаційної мінливості генотипу, тобто генотип не може бути одночасно стабільним і пластичним за досліджуваною ознакою (Giancarla et al.,

2010; Kil'chevskij & Hotyleva, 2008). Як відзначають П. В. Поползухін разом із співавторами, пластичність, стабільність і гомеостатичність характеризують потенціал модифікаційної та генотипової мінливості окремих сортових ознак, головною з яких є врожайність, а ступінь реакції генотипів на зміну умов середовища характеризує сорт за пластичністю, стабільністю і гомеостатичністю (Popolzuhin et al., 2018). Гомеостатичність – це показник, який об'єднує середню врожайність та адаптаційну норму реакції генотипів на лімітуючі фактори довкілля (Ashraf, 2010; Demidov et al., 2019). Із пластичністю тісно пов'язане поняття «екологічна стабільність», яка відображає здатність рослинних популяцій протистояти стресовим чинникам (Kordjum & Dubina, 2015). На думку Л. П. Байкалової та Ю. І. Сербеннікова терміни «адаптивність», «екологічна пластичність», «екологічна стійкість» можуть замінюватися, а частіше доповнювати один одного (Bajkalova & Serebennikov, 2014). Оцінка генотипів за цими показниками дозволяє виділити екологічно стійкі форми, які забезпечують стабільні врожаї в різних місцях вирощування. Тому однією з головних задач селекції є підвищення адаптивного потенціалу сортів, тобто не тільки підвищення продуктивності рослин, але й поєднання її зі стійкістю до абіотичних і біотичних стресів (Ayalneh et al., 2013; Goncharenko, 2005; Mel'nik et al., 2020), що є критерієм адаптивної здатності рослин (Surin et al., 2016).

Мета досліджень – вивчення адаптивних ознак: пластичності, стабільності, генетичної гнучкості, загальної і специфічної адаптивності у селекційних популяцій люцерни при насінневому використанні, виділення перспективного матеріалу для подальшого використання у селекційному процесі.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили в Інституті зрошувального землеробства НААН України (Україна, м. Херсон, сел. Наддніпрянське, 46°44'50.1"N 32°42'30.0"E), що розташоване на Інгулецькому зрошувальному масиві, протягом 2017–2020 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення слугували сорти Унітро, Елегія, добори із селекційних зразків за потужністю кореневої системи, відібраних у заповіднику Асканія-Нова, сортів Rambler, Абайська різнокольорова, Сибірська 8 та гібридні популяції F<sub>3</sub>–F<sub>5</sub>, які були створені раніше. Оцінку проводили за насінневого використання в умовах природного зволоження. Площа ділянки 25,0 м<sup>2</sup>. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програм AgroSTAT, XLSTAT, Statistica (v. 13).

Для характеристики адаптивної здатності сорту в математичному вираженні у вітчизняній і зарубіжній літературі запропоновано ряд методів. Вони відрізняються за ступенем складності обчислень, інформативності, об'єктивності, роздільної здатності. Нами були обрані деякі з них для визначення адаптивних ознак. Індекс умов середовища (I), коефіцієнт регресії (bi), екологічна стабільність, пластичність сорту в різних умовах середовища (Si<sup>2</sup>), яку визначали за методикою S. A. Eberhart та W. A. Russell (Eberhart & Russell, 1966), показник стресостійкості (Ymin – Ymax) і генетичної гнучкості ((Ymax + Ymin) / 2) – за рівняннями A. A. Rosielle та J. Hamblin у викладі A. A. Гон-

чаренко (Goncharenko, 2016 а), параметри гомеостатичності (Hom) селекційної цінності (Sc) – за В. В. Хангільдіним та ін. (Hudzenko, 2019; Popov, 2019), коефіцієнт адаптивності (KA) – за методом Л. О. Животкова та ін. (Hudzenko, 2019), загальну адаптивну здатність (OACi), варіансу специфічної адаптивної здатності ( $\sigma^2_{CACi}$ ), відносну стабільність генотипу ( $s_{gi}$ ), селекційну цінність генотипу (СЦГ), коефіцієнти нелінійності (lgi) і компенсації-дестабілізації (Kgi) визначали за О. В. Кільчевським та Л. В. Хотильовою (Kil'chevskij & Hotyleva, 1985). Метеорологічні умови у роки проведення досліджень суттєво різнилися як за кількістю опадів і сумою температур, так і за характером їх розподілу протягом вегетаційного періоду. Це дозволило більш повно оцінити потенціал генотипів люцерни і виділити кращі з них за продуктивністю і стійкістю до несприятливих факторів.

Результати. Умови вирощування люцерни першого року життя травостою у роки досліджень суттєво різнилися. Для їх оцінки використовували індекси умов середовища (Ij). Кращі умови для росту і розвитку рослин

складаються при позитивному значенні умов середовища, гірші – при негативному. З аналізу індексів умов середовища випливає, що найбільш сприятливі умови для формування насінневої продуктивності склалися у 2019 році (Ij = + 123,87), у 2017 році вони були несприятливими (Ij = - 24,94), у 2018 році умови для формування врожайності були дуже несприятливими (Ij = - 98,93).

За роки досліджень урожайність насіння у генотипів люцерни коливалась у широких межах: від 169,57 до 243,10 кг/га при коефіцієнті варіювання V = 11,03 %. Найбільша середня врожайність (Ymean) відзначена у генотипів: А.-Н.д. № 15 (226,30 кг/га), М.г./ П.п. (227,67), Син (с)/ Приморка (229,87) та М.г./ЦП-11 (243,10 кг/га) (табл. 1).

Стійкість до стресу популяцій – важливий показник адаптивності й екологічної пластичності, який визначається різницею між мінімальною і максимальною врожайністю (Ymin - Ymax). Цей параметр має негативний знак, і чим більша величина цього показника, тим вища стійкість генотипів до несприятливих факторів середовища (Goncharenko, 2016 а). Показник стресостійкості

Таблиця 1

**Гомеостатичність і адаптивність популяцій люцерни першого року життя за ознакою врожайності насіння (2017–2019 рр.)**

Сорт, популяція	Позначення	Врожайність зеленої маси, кг/м <sup>2</sup>			Параметри адаптивності						
		Ymin	Ymax	Ymean	Ymin – Ymax	Sc	Gf	bi	Si <sup>2</sup>	KA	Hom
Унітро, ст.-т	G1	83,3	269,0	169,5	- 112,7	98,5	213	0,82	82,5	86,5	46,3
Елегія	G2	95,2	300,0	191,3	- 121,4	113,9	239	0,90	152,2	97,5	54,7
Приморка	G3	107,1	300,0	196,0	- 119,1	118,2	241	0,86	61,0	99,9	58,5
М.г./ П.п.	G4	107,1	395,0	227,7	- 214,1	104,3	288	1,31	305,5	116,1	43,9
Син (с)/Приморка	G5	118,6	376,2	229,9	- 181,4	119,0	286	1,17	56,1	117,2	52,9
LR/ Н	G6	71,4	324,3	176,5	- 190,4	72,9	229	1,16	296,5	90,0	29,7
Приморка / Син(с)	G7	71,4	321,4	175,6	- 187,5	73,1	228	1,14	270,6	89,5	29,8
А.-Н. д. № 114	G8	83,3	333,3	191,0	- 177,0	89,6	245	1,13	64,5	97,4	37,4
А.-Н.д. № 15	G9	131,0	352,4	226,3	- 156,9	125,5	274	1,00	52,3	115,4	59,2
А.-Н. д. № 38	G10	119,0	339,0	210,4	- 165,8	107,5	256	1,01	228,5	107,3	48,5
Добір за к.с.	G11	71,4	304,8	170,0	- 170,9	74,7	219	1,06	144,7	86,7	30,7
Ram. d.	G12	83,8	297,6	175,3	- 153,0	85,2	221	0,97	66,8	89,4	36,5
(Емерауде /Т.) <sup>2</sup>	G13	71,4	304,8	170,0	- 170,9	74,7	219	1,06	144,7	86,7	30,7
Т./Емерауде	G14	119,0	309,5	210,6	- 106,3	138,3	256	0,83	281,7	107,4	75,7
М.г./ЦП-11	G15	154,8	364,3	243,1	- 154,1	140,3	287	0,95	129,0	124,0	69,6
Зимостійка/М.К.	G16	95,2	309,5	194,4	- 130,9	112,2	244	0,95	96,2	99,2	52,4
М.agr/С.	G17	77,6	328,6	198,5	- 139,3	114,4	259	1,10	516,3	101,2	51,3
А.г. d.	G18	75,7	269,0	170,6	- 102,0	105,9	218	0,84	472,2	87,0	51,8
М.г./ М.agr.	G19	85,7	333,3	195,3	- 166,3	97,9	250	1,11	0,6	99,6	41,6
М.г. d.	G20	95,2	333,3	202,4	- 154,7	108,4	256	1,06	12,1	103,2	48,0
ФХНВ <sup>2</sup>	G21	85,7	297,6	183,4	- 130,6	102,9	232	0,94	76,8	93,5	46,8
В.11/П. d.	G22	119,0	345,2	219,1	- 152,0	122,6	269	1,02	0,5	111,7	57,3
Ж./ ЦП-11	G23	117,1	285,7	201,2	- 84,8	141,5	243	0,73	497,0	102,6	86,7
Сибір. 8, d..	G24	93,3	285,7	178,4	- 129,4	97,6	221	0,86	0,5	91,0	44,7
V, %		22,81	9,98	11,03	- 21,35	19,39	9,41	13,83	94,66	11,02	28,97
Sx <sub>абс.</sub>		4,53	6,52	4,41	6,49	4,19	4,72	0,03	32,27	2,25	2,92
Sx <sub>віднос.</sub>		4,66	2,04	2,25	- 4,36	3,96	1,92	2,82	19,32	2,25	5,91
НІР <sub>01</sub>		14,34	20,67	13,99	20,56	13,27	14,96	0,09	102,31	7,13	9,25
НІР <sub>05</sub>		10,36	14,93	10,11	14,85	9,59	10,81	0,07	73,91	5,15	6,69

серед досліджуваних генотипів люцерни коливався від – 84,80 до – 214,10. Найбільш високу стійкість до стресів проявила популяція Ж./ ЦП-11 – (( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) – 84,80 кг/га), найменшу – М.г./ П.п. з показником (( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) = - 214,10).

За допомогою індексу селекційної цінності ( $S_c$ ) можна виділити генотипи, що поєднують високу або середню урожайність з її стабільною реалізацією у мінливих умовах вирощування. Вона визначає добуток середньої врожайності до відношення між мінімальною та максимальною врожайністю за роки досліджень ( $Y_{\text{mean}} \times (Y_{\min} / Y_{\max})$ ). Результати оцінки показали широкий діапазон варіювання за цим показником: від 72,89 до 141,50. Серед досліджуваних генотипів високі значення селекційної цінності показали популяції: Т./Емерауде; М.г./ЦП-11 та Ж./ ЦП-11 зі значеннями 138,25, 140,27, 141,50 відповідно. Аналіз мінливості врожайності насіння у популяції люцерни показує, що лімітуючим фактором врожайності є його стійкість до несприятливих факторів зовнішнього середовища, тобто його буферність або гомеостатичність. Найбільша величина гомеостатичності спостерігається у цих популяцій з числовими значеннями  $\text{Hom} = 75,70; 69,60$  та  $86,67$  відповідно, тобто ці генотипи мають свої генетичні можливості реалізувати при зміні умов вирощування. Як вказує В. В. Хангільдін (Porov et al., 2019), генотипи з високим гомеостазом ( $\text{Hom}$ ) і високим показником селекційної цінності ( $S_c$ ) слабкіше реагують на погіршення умов і добре відгукуються на їх поліпшення.

Характеристику популяцій до стресу доповнює показник генетичної гнучкості ( $G_f$ ) або його компенсаторної здатності, що відображає середню врожайність сортів у контрастних (оптимальних і лімітуючих) умовах. Високі значення цього показника вказують на великий ступінь відповідності між генотипом популяції і факторами середовища. Вищий показник за генетичною гнучкістю ( $G_f$ ) у контрастних умовах спостерігали у популяції люцерни: М.г./ П.п. – 287,95, Син (с)/Приморка – 285,50 та 287,25 у М.г./ЦП-11, при значенні  $G_f = 212,65$  у стандартного сорту Унітро.

Про адаптивність генотипів до умов середовища судять також за екологічною пластичністю та стабільністю їх урожайності. Пластичність оцінюється за коефіцієнтом регресії ( $b_i$ ), який є критерієм (індексом) оцінки рівня екологічної пластичності і вказує на реакцію генотипу на зміну умов середовища. Чим більший  $b_i$ , тим сорт більш чутливий до зміни умов вирощування. У разі якщо  $b_i$  нульовий або прагне до нуля, то сорт не реагує на зміну умов середовища. Якщо  $b_i$  дорівнює або близький до одиниці, зміна врожайності повністю відповідає зміні умов вирощування. Про стабільність судять за варіансою стабільності ( $S_i^2$ ), розрахованою за дисперсією відхилень фактичних врожаїв від теоретично очікуваних. І чим вона менша, тим більшу стабільність мають генотипи, тобто низькі значення  $S_i^2$  показують, що популяція слабо відгукуються на поліпшення умов вирощування та на скільки  $S_i^2$  відповідає пластичності за оцінкою коефіцієнта регресії.

Аналіз результатів досліджень показав, що популяції М.г./ П.п., Син (с)/Приморка, LR/ Н, Приморка / Син(с), А.-Н. d. № 114 мали значення  $b_i > 1$  з варіюванням від 1,13

до 1,31 та які можна віднести до високо пластичних, що дуже реагують на зміну умов середовища. До цієї групи належать генотипи М.г./ М.агр., В.11/П. d., але з меншими значеннями коефіцієнта регресії  $b_i = 1,02-1,11$ . Популяція А.-Н. d. № 15 з показником коефіцієнта регресії  $b_i = 1,00$  є добре адаптованою до різноманітних умов середовища вирощування.

Аналізуючи інші показники (пластичність та стабільність) цих популяцій, можна сказати, що генотип Ж./ ЦП-11 характеризується найнижчим показником пластичності ( $b_i = 0,73$ ), що вказує на її стабільність, однак високий коефіцієнт стабільності ( $S_i^2 = 496,96$ ) говорить про протилежне. У популяції М.г./ П.п. високі значення коефіцієнтів регресії ( $b_i = 1,31$ ), що означає високу її пластичність, а високий коефіцієнт стабільності ( $S_i^2 = 305,51$ ) підтверджує це. Тому для відбору конкурентоспроможних генотипів доцільно характеризувати їх за комплексом адаптивних ознак.

Значні відмінності спостерігалися за параметром стабільності ( $S_i^2$ ) урожайності серед досліджуваних генотипів з діапазоном варіювання від 0,51 до 496,6, й популяції з найнижчими значеннями цієї ознаки можуть вважатися найбільш стабільними. Кращими були популяції: М.г./ М.агр. – 0,55, В.11/П. d. – 0,54 та Сибір. 8, d. – 0,51. Але перші дві з них мають коефіцієнт регресії  $b_i > 1$ , що є нетиповим для стабільних популяцій. І тільки, генотип Сибір. 8, d. має показник коефіцієнта регресії  $b_i < 1$  (0,86), що характеризує її як стабільну. Аналіз отриманих даних показав, що поєднання високої пластичності та стабільності врожайності відмічено тільки у двох популяцій: М.г./ М.агр. ( $b_i = 1,11$ ,  $S_i^2 = 0,55$ ), В.11/П. d. ( $b_i = 1,02$ ,  $S_i^2 = 0,54$ ).

Для оцінки продуктивного і адаптивного потенціалу генотипів люцерни використовували коефіцієнт адаптивності (КА) за Л. О. Животковим (Hudzenko, 2019), який відображає відношення середньої врожайності популяції до «середньопопуляційної врожайності». Це зіставлення врожайності досліджуваних генотипів проводиться не зі стандартом, а з середньою врожайністю за всіма порівнюваними популяціями. Показник норми реакції їх у кожному році приймається за 100 %. Реакцію ж окремого генотипу на сформовані конкретні умови вегетаційного періоду можна визначити за співвідношення його врожайності до «середньопопуляційної». При цьому цифрове значення цього показника може виражатися як відносна величина. Якщо КА перевищує 100 %, то такий генотип є потенційно високо продуктивним. Максимальними значеннями коефіцієнта адаптивності характеризувалися популяції: М.г./ЦП-11, Син (с)/Приморка та М.г./ П.п. й А.-Н.d. № 15 з показниками КА = 123,96; 117,21; 116,06 і 115,40 відповідно. Коефіцієнт адаптивності у стандартного сорту Унітро був одним з найнижчих та становив 86,45.

Кореляційним аналізом отриманих даних за роки досліджень встановлено високий позитивний зв'язок урожайності насіння у популяції люцерни ( $r = 0,768-0,882$ ) з показником генетичної гнучкості ( $G_f$ ) та коефіцієнтом адаптивності (КА) ( $r = 0,799-0,891$ ). В роки з гіршими умовами (2017 і 2018 рр.) врожайність насіння мала високу кореляційну залежність із селекційною цінністю

(Sc) ( $r = 0,834-0,976$ ) та гомеостатичністю (Hom) ( $r = 0,750-0,890$ ), тоді як за кращих умов (2019 р.) вона була низькою. Коефіцієнт регресії мав високий зв'язок (bi) ( $r = 0,746$ ) з врожайністю в кращих умовах, тоді як з врожайністю в гірших він був від'ємним і низьким ( $r = -0,200-0,264$ ). Дослідження кореляційних залежностей дозволяє визначити ті ознаки, які можуть бути факторіальними і слугувати критеріями для відбору на продуктивність з урахуванням стійкості до абіотичних факторів. Ці ознаки визначені (Gf, KA, Sc, Hom, bi) і вони дозволять вести селекцію більш цілеспрямовано (табл. 2).

За комплексом ознак гомеостатичності та показниками адаптивності найбільш стабільною виявилася популяція Ж./ ЦП-11, яка перевищувала стандарт за врожайністю. Вона характеризувалася високою гомеостатичністю (Hom = 86,67), селекційною цінністю (Sc = 141,50), коефіцієнтом адаптивності (KA = 102,61), а показник пластичності був меншим за одиницю (bi = 0,73), проте показник стабільності був найвищим  $Si^2 = 496,96$ .

Генотип М.г./ П.п. перевищував стандарт за врожайністю, володів високими коефіцієнтами регресії bi = 1,31 і стабільності –  $Si^2 = 305,51$ , та характеризувався високим коефіцієнтом адаптивності – KA = 116,09. За даними показниками цю популяцію можна віднести до інтенсивного типу. Популяція А.-Н.д. № 15 добре адаптована до різноманітних умов середовища вирощування (bi = 1) та перевищувала стандарт за врожайністю.

Для більш повного аналізу адаптивної здатності популяцій люцерни за методикою О. В. Кільчевського та Л. В. Хотильової (Kil'chevskij & Hotyleva, 1985) були розраховані параметри адаптивності: загальна адаптивна здатність (ОАСі), показник взаємодії генотип-середовище ( $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ ), варіанса специфічної адаптивної здатності ( $\sigma^2_{CACS_i}$ ), відносна стабільність генотипу ( $s_{gi}$ ), селекційна цінність генотипу (СЦГі), коефіцієнт компенсації-дестабілізації ( $K_{gi}$ ), коефіцієнт нелінійності ( $I_{gi}$ ) та реакції популяцій на середовище. На думку О. В. Кільчевського та Л. В. Хотильової під адаптивною здатністю розуміють властивість популяції підтримувати характерну для неї величину фенотипового прояву

ознаки. При цьому розрізняють загальну та специфічну адаптивність (Kil'chevskij & Hotyleva, 1985).

Загальна адаптивна здатність (ОАСі) коливається у широких межах, від - 0,11 до 46,99, та характеризує відхилення середньосортового значення по роках досліджень від середньопопуляційної. За показником врожайності насіння високим значенням ОАСі була відмічена популяція М.г./ЦП-11 – 46,99. Деяко нижчими значеннями (31,56 й 33,76) характеризувалися генотипи: М.г./ П.п. і Син (с)./Приморка (табл. 3).

Варіанса специфічної адаптивної здатності ( $\sigma^2_{CACS_i}$ ) показує стабільність популяції і є більш інформативною, порівняно з показником взаємодії «популяція-середовище» ( $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ ), тому що враховує компенсаційний ефект. Широкий діапазон варіювання спостерігався у показника варіанса специфічної адаптивної здатності ( $\sigma^2_{CACS_i}$ ) від 6942 до 22197. Меншим значенням цього показника, а й відповідно високою стабільністю відрізнявся генотип Ж./ ЦП-11 зі значенням 6942. Деяко вищі показники мали: стандартний сорт Унітро – 8587, популяції Т./Емерауде – 8948, А.г. д. – 9186, Приморка – 9309 та Сибір. 8, д. – 9457.

Параметр відносної стабільності генотипу ( $s_{gi}$ ) не пов'язаний із загальною адаптивною здатністю та носить відносний характер. Багато дослідників вказують на спадковий характер даного показника, що дозволяє використовувати генотипи в селекції на стабільність. На підставі отриманих результатів можна відзначити, що за параметром відносної стабільності генотипу ( $s_{gi}$ ) найнижчими характеризувалися селекційні номери: Ж./ ЦП-11 – 41,4, М.г./ЦП-11 – 44,3 та 44,9 у популяції Т./Емерауде.

Високими показниками селекційної цінності СЦГі серед досліджуваних популяцій, виділялися: А.-Н.д. № 15 зі значенням 129,1, Т./Емерауде – 129,3 та Ж./ ЦП-11 – 129,6, але найвищим – 150,5 характеризувалася популяція М.г./ЦП-11.

Селекційні номери мали лінійну реакцію на умови зовнішнього середовища ( $I_{gi} = -0,0118-0,1484$ ). Варіювання коефіцієнта компенсації-дестабілізації становило 0,55–1,75, що вказує як на компенсуючі, так і дестабілізуючі ефекти.

Таблиця 2

**Кореляційні залежності між врожайністю насіння популяцій люцерни першого року життя та гомеостатичністю і параметрами адаптивності (2017–2019 рр.)**

	Y17/17	Y18/18	Y19/19	Ymean	Ymin – Ymax	Sc	Gf	bi	Si <sup>2</sup>	KA	Hom
Y17/17	1,000	0,837	0,375	0,834	0,363	0,976	0,768	- 0,264	0,100	0,834	0,890
Y18/18	0,837	1,000	0,498	0,891	0,119	0,834	0,770	- 0,200	- 0,144	0,891	0,750
Y19/19	0,375	0,498	1,000	0,799	- 0,727	0,194	0,882	0,746	- 0,139	0,799	0,005
Ymean	0,834	0,891	0,799	1,000	- 0,185	0,735	0,976	0,203	- 0,081	1,000	0,581
Ymin – Ymax	0,363	0,119	- 0,727	- 0,185	1,000	0,527	- 0,317	- 0,945	0,214	- 0,185	0,654
Sc	0,976	0,834	0,194	0,735	0,527	1,000	0,631	- 0,459	0,125	0,735	0,962
Gf	0,768	0,770	0,882	0,976	- 0,317	0,631	1,000	0,381	- 0,045	0,976	0,456
bi	- 0,264	- 0,200	0,746	0,203	- 0,945	- 0,459	0,381	1,000	- 0,081	0,203	- 0,605
Si <sup>2</sup>	0,100	- 0,144	- 0,139	- 0,081	0,214	0,125	- 0,045	- 0,081	1,000	- 0,081	0,243
KA	0,834	0,891	0,799	1,000	- 0,185	0,735	0,976	0,203	- 0,081	1,000	0,581
Hom	0,890	0,750	0,005	0,581	0,654	0,962	0,456	- 0,605	0,243	0,581	1,000

Примітка: Y17/17 – сієва 2017 р. – врожайність 2017 р., Y18/18 – сієва 2018 р. – врожайність 2018 р., Y19/19 – сієва 2019 р. – врожайність 2019 р.

Параметри адаптивних властивостей зразків люцерни першого року життя за ознакою врожайності насіння за методикою О. В. Кільчевського та Л. В. Хотильової (2017–2019 рр.)

Сорт, популяція	Позначення	Врожайність зеленої маси, кг/м <sup>2</sup>			Параметри адаптивності						
		Y <sub>min</sub>	Y <sub>max</sub>	Y <sub>mean</sub>	OAC <sub>i</sub>	$\sigma^2_{(G \times E)_{ij}}$	$\sigma^2_{CACi}$	s <sub>gi</sub>	СЦГ <sub>i</sub>	K <sub>gi</sub>	I <sub>gi</sub>
Унітро, ст.-т	G1	83,3	269,0	169,5	-26,6	289	8587	54,7	89,9	0,68	0,0336
Елегія	G2	95,2	300,0	191,3	-4,8	36	10441	53,4	103,4	0,82	0,0034
Приморка	G3	107,1	300,0	196,0	-0,1	138	9309	49,2	113,1	0,73	0,0148
M.g./ П.п.	G4	107,1	395,0	227,7	31,6	1259	22197	65,4	99,6	1,75	0,0567
Син (с)/Приморка	G5	118,6	376,2	229,9	33,8	222	17347	57,3	116,7	1,36	0,0128
LR/ Н	G6	71,4	324,3	176,5	-19,6	303	17188	74,3	63,9	1,35	0,0176
Приморка / Сін(с)	G7	71,4	321,4	175,6	-20,5	237	16762	73,7	64,3	1,32	0,0141
А.-Н. d. № 114	G8	83,3	333,3	191,0	-5,1	98	1636	67,0	81,0	1,29	0,0060
А.-Н.d. № 15	G9	131,0	352,4	226,3	30,2	-132	12801	50,0	129,1	1,01	-0,0103
А.-Н. d. № 38	G10	119,0	339,0	210,4	14,3	-44	12973	54,1	112,5	1,02	-0,0034
Добір за к.с.	G11	71,4	304,8	170,0	-26,1	-36	14433	70,7	66,8	1,14	-0,0025
Ram. d.	G12	83,8	297,6	175,3	-20,8	-113	11971	62,4	81,3	0,94	-0,0094
(Емерауде /Т. ) <sup>2</sup>	G13	71,4	304,8	170,0	-26,1	-36	14433	70,7	66,8	1,14	-0,0025
Т./Емерауде	G14	119,0	309,5	210,6	14,5	334	8948	44,9	129,3	0,70	0,0374
M.g./ЦП-11	G15	154,8	364,3	243,1	47,0	-67	11619	44,3	150,5	0,91	-0,0057
Зимостійка/М.К.	G16	95,2	309,5	194,4	-1,7	-78	11504	55,2	102,3	0,91	-0,0068
M.agr/С.	G17	77,6	328,6	198,5	2,4	227	15649	63,0	91,0	1,23	0,0145
А.г. d.	G18	75,7	269,0	170,6	-25,5	402	9186	56,2	88,2	0,72	0,0438
M.g./ M.agr.	G19	85,7	333,3	195,3	-0,8	4	15764	64,3	87,4	1,24	0,0003
M.g. d.	G20	95,2	333,3	202,4	6,3	-99	14432	59,4	99,1	1,14	-0,0068
ФХНВ <sup>2</sup>	G21	85,7	297,6	183,4	-12,7	-74	11263	57,9	92,2	0,89	-0,0066
В.11/П. d.	G22	119,0	345,2	219,1	23,0	-155	13131	52,3	120,7	1,03	-0,0118
Ж./ ЦП-11	G23	117,1	285,7	201,2	5,1	1030	6942	41,4	129,6	0,55	0,1484
Сибір. 8, d..	G24	93,3	285,7	178,4	-17,7	79	9457	54,5	94,9	0,74	0,0083
V, %		22,81	9,98	11,03	-	217,49	27,51	13,81	15,75	23,30	27,54
Sx <sub>абс</sub>		4,53	6,52	4,44	4,41	70,73	731,54	3,19	1,87	4,70	0,06
Sx <sub>віднос</sub>		4,66	2,04	2,25	-	44,40	5,62	2,82	3,22	4,76	5,62
HIP <sub>01</sub>		14,34	20,67	13,99	13,99	224,22	2318,98	10,11	5,93	14,91	0,18
HIP <sub>05</sub>		10,36	14,93	10,11	10,11	161,98	1675,22	7,30	4,28	10,77	0,13

Насіннева продуктивність популяцій люцерни за роки досліджень має високий позитивний кореляційний зв'язок ( $r = 0,799-0,891$ ) з показником загальної адаптивної здатності (OAC<sub>i</sub>). В роки з гіршими умовами (2017 і 2018 рр.) врожайність насіння мала високу позитивну кореляційну залежність з селекційною цінністю генотипу (СЦГ<sub>i</sub>) ( $r = 0,935-0,955$ ) та високу від'ємну з показником відносної стабільності (s<sub>gi</sub>) ( $r = -0,777 - -0,819$ ), тоді як за кращих умов (2019 р.) вона була середньою ( $r = 0,316$ ) та низькою ( $r = 0,104$ ) відповідно. Варіанса специфічної адаптивної здатності ( $\sigma^2_{CACi}$ ) мала високий зв'язок ( $r = 0,747$ ) з врожайністю в кращих умовах, тоді як з врожайністю в гірших він був від'ємним і низьким ( $r = -0,196 - -0,246$ ) (табл. 4).

За параметрами відносної стабільності, варіанси специфічної адаптивної здатності та селекційної цінності генотипу були виділені найкращі популяції: Т./Емерауде, М.г./ЦП-11 і Ж./ ЦП-11 та всі вони істотно перевищували стандарт за врожайністю. Найбільш нестабільними виявилися популяції: LR/ Н та Приморка / Сін(с), що мали найгірші показники відносної стабільності, варіанси спе-

цифічної адаптивної здатності та селекційної цінності генотипу, а також володіли дестабілізуючим ефектом.

Розглядаючи згенерований біплот, можна провести аналіз впливу року випробування на генотипи та їх реакцію на зміну навколишнього середовища. За результатами GGE біплот-аналізу ми виділили такі найбільш стабільні популяції: G14 – Т./Емерауде, G15 – М.г./ЦП-11 та G23 – Ж./ ЦП-11, що знаходяться в одній чверті з векторами врожайності за гірших умов (2017 і 2018 роки) та слабкіше реагують на погіршенні умови вирощування. (рис. 1).

Популяції G1 – Унітро, G6 – LR/ Н, G7 – Приморка / Сін(с), G13 – (Емерауде /Т. )<sup>2</sup> та G18 – А.г. d., що перебувають в третій і четвертій чвертях, утворюючи півколо, показали різке зниження врожайності за гірших умов зволоження.

Популяції G4 – М.г./П.п. та G5 – Син (с)/Приморка, що знаходяться в першій чверті з вектором врожайності за кращих умов та наближені до його вершини, добре відгукуються на покращення умов зволоження, але володіють середньою (107,10 і 118,60 кг/га відповідно) насінневою

Кореляційні залежності між врожайністю насіння та параметрами адаптивних властивостей зразків люцери першого року життя за методикою О. В. Кільчевського та ін. (2017–2019 рр.)

	Y17/17	Y18/18	Y19/19	Ymean	OACi	$\sigma^2(G \times E)_{gi}$	$\sigma^2CACi$	$s_{gi}$	ЦЦГi	$K_{gi}$	$I_{gi}$
Y17/17	1,000	0,837	0,375	0,834	0,834	0,166	-0,246	-0,819	0,935	-0,249	0,242
Y18/18	0,837	1,000	0,498	0,891	0,891	0,032	-0,196	-0,777	0,955	-0,200	0,085
Y19/19	0,375	0,498	1,000	0,799	0,799	0,096	0,747	0,104	0,316	0,744	-0,214
Ymean	0,834	0,891	0,799	1,000	1,000	0,119	0,212	-0,511	0,821	0,208	0,012
OACi	0,834	0,891	0,799	1,000	1,000	0,119	0,212	-0,511	0,821	0,208	0,012
$\sigma^2(G \times E)_{gi}$	0,166	0,032	0,096	0,119	0,119	1,000	0,156	-0,053	0,067	0,157	0,865
$\sigma^2CACi$	-0,246	-0,196	0,747	0,212	0,212	0,156	1,000	0,719	-0,382	1,000	-0,244
$s_{gi}$	-0,819	-0,777	0,104	-0,511	-0,511	-0,053	0,719	1,000	-0,907	0,721	-0,305
ЦЦГi	0,935	0,955	0,316	0,821	0,821	0,067	-0,382	-0,907	1,000	-0,385	0,195
$K_{gi}$	-0,249	-0,200	0,744	0,208	0,208	0,157	1,000	0,721	-0,385	1,000	-0,242
$I_{gi}$	0,242	0,085	-0,214	0,012	0,012	0,865	-0,244	-0,305	0,195	-0,242	1,000

продуктивністю, що характеризує їх як пластичні до умов вирощування популяції.

Аналізуючи отримані дані за насінневою продуктивністю, параметрами адаптивної здатності та біплот-аналізом, можна розділити досліджувані популяції на три групи: інтенсивного типу, стабільні та адаптовані до різних умов. До найкращих стабільних популяцій відносяться: М.г./ЦП-11 і Ж./ЦП-11, інтенсивного типу – LR/Н, Приморка / Сін(с) та адаптованих до різних умов – Син(с)/Приморка і А.-Н.д. № 15.

**Обговорення.** В науковій літературі багато робіт присвячено вивченню адаптивних ознак на різних сільськогосподарських культурах з великою кількістю показників. Проте відбір показників адаптивності та встановлення їх параметрів є необхідним тому, що не всі вони здатні характеризувати зразки за адаптивністю.

Дослідження на різних сільськогосподарських культурах показали, що рівень селекційної цінності і гомеостатичності сприяли відбору кращих зразків за адаптивною здатністю. (Ignat'ev & Regidin, 2019; Habibullin et al., 2020; Lozinskyi, 2018; Postolati, 2016; Demidov et al., 2019). В наших дослідженнях також ці показники мали високу залежність із врожайністю у гірші роки (2017, 2019), і низьку в кращий (2019), що характеризує стійкість популяцій до стресу. За даними дослідників, показники варіанси специфічної адаптивної здатності, відносної стабільності та селекційної цінності генотипу допомагали при відборі кращих зразків за адаптивною здатністю (Kurkova, 2018; Popolzuhin et al. 2018). Це узгоджується з нашими даними та відображає реакцію популяцій до стресу. Отримані показники мали високу залежність з врожайністю в гірші роки (2017, 2019), і низьку за кращого року (2019).

В деяких дослідженнях (Ignat'ev & Regidin, 2019; Lozinskyi, 2018; Postolati, 2016) за коефіцієнтом регресії були розділені зразки різних сільськогосподарських культур на три групи: інтенсивного типу, стабільного та адаптованого до різних умов. Отримані нами дані показали, що коефіцієнт регресії мав від'ємну низьку залежність із врожайністю у гірші роки (2017, 2019), і високу за кращого року (2019), що цілком показує реакцію популяцій на умови вирощування.

Показники рівня стресостійкості, коефіцієнта адаптивності, загальної адаптивної здатності та генетичної гнучкості сприяли відбору кращих зразків за адаптивною

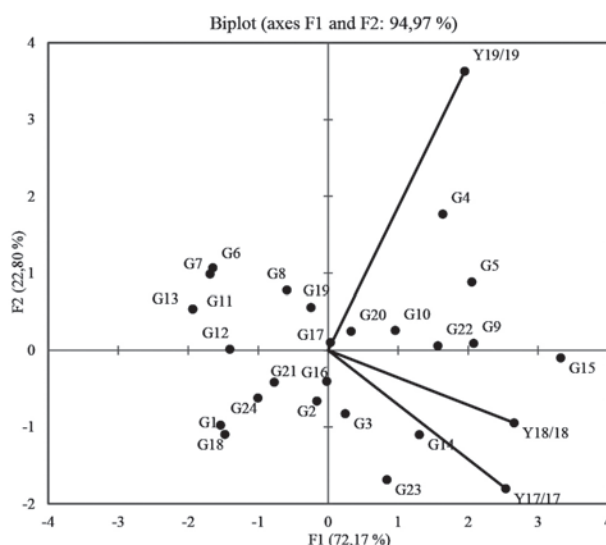


Рис. 1. Генотип-середовищна взаємодія генотипів люцери і середовищ (роки)(метод біплот-аналіз).

Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ:  
 —●— рік вирощування; ●— генотип

здатністю на різних сільськогосподарських культурах (Ignat'ev & Regidin, 2019; Habibullin et al., 2020; Lozinskyi, 2018; Postolati, 2016; Kurkova, 2018; Popov et al., 2019). Отримані нами ці показники не в повній мірі характеризують стійкість популяцій до стресу тому, що мали високу залежність з врожайністю як в гірші роки (2017, 2018), так і в кращий (2019).

**Висновки.** Комплексна оцінка досліджуваних популяцій за врожайністю насіння люцери і параметрами адаптивності з використанням різних методик і біплот-аналізу дозволила виділити генотипи, що мають високу потенційну продуктивність і найбільшу адаптивність. До них відносяться генотипи: стабільні М.г. / ЦП-11 і Ж. / ЦП-11, інтенсивного типу – LR/Н, Приморка / Сін(с) та адаптовані до різних умов – Син(с)/Приморка і А.-Н.д. № 15, які доцільно використовувати у селекційному процесі люцери на адаптивність при створенні нових сортів.

### Бібліографічні посилання:

1. Abdelguerfi, A., & Abdelguerfi-Laouar, M. (2002). Forage and pasture species: The uses in Maghreb (Algeria, Morocco, and Tunisia). FAO, Rome, Italy.
2. Aseeva, T. A. & Zenkina, K. V. (2019). Adaptivnost' sortov jarovoj tritikale v agroekologicheskikh usloviyah srednego Priamur'ja. Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka, 1, 9–11. doi: 10.31857/S2500-2627201919-11 (in Russian).
3. Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. Biotech. Adv., 28, 169–183.
4. Ayalneh, T., Letta, T. & Abinasa, M. (2013). Assessment of stability, adaptability and yield performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in South Eastern Ethiopia. J. Agric. & Environ. Sci, 13(7), 885–890. doi: 10.5829/idosi.aejaes.2013.13.07.1950.
5. Bajkalova, L. P. & Serebennikov, Ju. I. (2014). Ocenka adaptivnogo potenciala sortov jachmenja v Kanskoj lesostepi [Assessment of the adaptive potential of barley varieties in the Kansk forest-steppe]. Vestnik KrasGAU, 10, 93–97 (in Russian).
6. Bazalij, V. V. (2004). Principi adaptivnoї selekcii ozimoy pshenyci v zoni Pivdenного Stepu [Principles of adaptive selection of winter wheat in the Southern Steppe zone]. Ajlant, Herson, 243. (in Ukrainian).
7. Demidov, O. A., Homenko, S. O., Chugunkova, T. V. & Fedorenko, I. V. (2019). Urozhajnist' ta gomeostatichnist' kolekciynih zrazkiv pshenici jari. Visnik agrarnoi nauki, 9(798), 47–51 (in Ukrainian).
8. Eberhart, S. A. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6(1), 36–40.
9. Giancarla, V., Madosa, E., Ciulca, S., Ciulca, A., Petolescu, C., & Bitea, N. (2010). Assessment of drought tolerance in some barley genotypes cultivated in West part of Romania. J. Hortic. For. Biotechnol., 14(3), 114–118.
10. Goncharenko, A. A. (2005). Ob adaptivnosti i jekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur [On the adaptability and ecological sustainability of grain varieties]. Vestnik RASHN, 6, 49–53 (in Russian).
11. Goncharenko, A. A. (2016) a. Sravnitel'naja ocenka adaptivnogo potenciala sortov zernovyh kul'tur i zadachi selekcii [Comparative assessment of the adaptive potential of grain varieties and breeding problems]. Selekcija rastenij: proshloe, nastojashhee i budushhee. Sbornik materialov I Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhjonnoj 140-letiju NIU «BelGU» i 100-letiju so dnja rozhdenija selekcionera, uchenogo i pedagoga, doktora sel'skohozjajstvennyh nauk, professora Shhelokovoj Zoi Ivanovny, 46–48 (in Russian).
12. Goncharenko, A. A. (2016) b. Jekologicheskaja ustojchivost' sortov zernovyh kul'tur i zadachi selekcii [Environmental sustainability of grain varieties and breeding objectives]. Zernovoe hozjajstvo Rossii, 2(44), 31–36 (in Russian).
13. Habibullin, K. N., Ashiev, A. R., & Skulova, M. V. (2020). Ocenka adaptivnosti i produktivnosti rastenij kolekcii gorokha posevnogo [Assessment of the adaptability and productivity of plants in the collection of sowing peas]. Zernovoe khozjajstvo Rossii, 1(67), 33–36 (in Russian). doi: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36
14. Harrison, M. T., Tardieu, F., Dong, Z., Messina, C. D. & Hammer, G. L. (2014). Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. Glob. Change Biol, 20(3), 867–878. doi: 10.1111/gcb.12381.
15. Hudzenko, V. N. (2019). Statisticheskaja i graficheskaja (GGE biplot) ocenka adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti selekcionnyh linij jachmenja ozimogo [Statistical and graphic (GGE biplot) assessment of adaptive capacity and stability of breeding lines of winter barley]. Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii, 23(1), 110–118 (in Russian). doi: 10.18699/VJ19.469
16. Ignat'ev, S. A., & Regidin, A. A. (2019). Ocenka parametrov adaptivnosti kollekcionnykh obrazcov ehsparceta [Assessment of the parameters of adaptability of collection specimens of esparcet]. Zernovoe khozjajstvo Rossii, 3(63), 53–58. doi: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-53-58 (in Russian).
17. Kil'chevskij, A. V. & Hotyleva, L. V. (1985). Metod ocenki adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differencirujushhej sposobnosti sredy [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment]. Soobshhenie I. Obosnovanie metoda. Genetika, XXI(9), 1481–1489 (in Russian).
18. Kil'chevskij, A. V. & Hotyleva, L. V. (2008). Geneticheskie osnovy selekcii rastenij [Genetic bases of plant selection]. V 4 t. T. 1. Obshhaja genetika rastenij. Belarus. nauka, Minsk, 551 (in Russian).
19. Kordjum, E. L. & Dubina, D. V. (2015). Plastichnist' ontogenezu sudinnih roslin :molekuljarni, klitinni, populjacionni ta cenotichni aspekti. Visn.NAN Ukraïni, 7, 32–36. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu\\_2015\\_7\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2015_7_7) (in Ukrainian).
20. Kurkova, I. V., & Fokin, S. A. (2018). Ocenka adaptivnoj sposobnosti i ekhologicheskoy plastichnosti sortov i sortoobrazcov yarovogo yachmenya amurskoj selekcii [Assessment of the adaptive capacity and ecological plasticity of varieties and varieties of spring barley of the Amur selection]. Vestnik KraSGAU, 2, 16–21 (in Russian).
21. Latrach, L., Farissi, M., Mohammed, M., Makoudi, B., Bouizgaren, A. & Ghoulam, C. (2014). Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomata conductance, and chlorophyll fluorescence. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38, 320–326. doi:10.3906/tar-1305-52.
22. Litun, P. P. (1980). Vzaimodejstvie genotip-sreda v geneticheskikh issledovanijah i sposoby ego izuchenija [Genotype-environment interaction in genetic research and methods of its study]. Problemy otbora i ocenki selekcionnogo materiala. K, Naukova dumka, 63–93 (in Russian).
23. Lozinskyi, M. V. (2018). Adaptivnist selektsiynykh nomeriv pshenytsi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannia riznykh ekotypiv za kilkistiu koloskiv v holovnomu kolosi [Adaptability of selection numbers of winter wheat, taken from different types of growing varieties for a number of spikes at the head spike]. Ahrobiolohiia, 1, 233–243 (in Ukrainian).
24. Mel'nik, A. V., Roman'ko, Ju. O. & Roman'ko, A. Ju. (2020). Adaptivnij potencial i stresostijkist' suchasnih sortiv soyi [Adaptive potential and stress resistance of modern soybean varieties]. Tavrijs'kij naukovij visnik, 113, 85–91. doi: 10.32851/2226-0099.2020.113.12 (in Ukrainian).
25. Orljuk, A. P. & Goncharova, K. V. (2002). Adaptivnij i produktivnij potenciali pshenici [Wheat adaptive and productive potential]. Ajlant, Herson, 275 (in Russian).
26. Popolzuhin, P. V., Vasilevskij, V. D., Gajdar, A. A., Kuz'mina, E. S. & Parshutkin, Ju. Ju. (2018). Adaptivnyj potencial sortov mjagkoj jarovoj pshenicy raznyh grupp spelosti v juzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri. Sostojanie i perspektivy nauchnogo



obespechenija APK Sibiri: Sbornik nauchnyh statej, posvjashhennyj 190-letiju opytного dela v Sibiri, 100-letiju sel'skohozjajstvennoj nauki v Omskom Priirtysh'e i 85-letiju obrazovanija Sibirskogo NII sel'skogo hozjajstva, 201–204. (in Russian).

27. Popov, S. I., Leonov, O. Yu., Popova, K. M., & Avramenko, S. V. (2019). Ecological plasticity of winter wheat varieties depending on root nitrogen nutrition in the eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(3), 296–302 (in Ukrainian). doi: 10.21498/2518-1017.15.3.2019.181087

28. Postolati, A. A., Sergej, T. P., & Pleshka, A. V. (2016). Uroven' adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti razlichnykh genotipov *Triticum aestivum* L. v usloviyakh Bel'skoj stepi [The level of adaptive ability and resistance of different genotypes of *Triticum aestivum* L. in the conditions of the Belskaya steppe]. *Știința agricolă*, 1, 26–30 (in Russian).

29. Surin, N. A., Zobova, N. V., Ljahova, N. E., Neshumaeva, N. V., Plehanova, L. V., Chuslin, A. A., Onufrienok, T. V., Gerasimov, S. A. & Lipshin, A. G. (2016). Istochniki cennykh priznakov v selekcii jachmenja na adaptivnost' [Sources of valuable traits in barley breeding for adaptability]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 30(6), 36–40 (in Russian).

30. Tyshchenko, A. V., Tyshchenko, O. D., & Liuta, Yu. O. (2021). Otsinka henotypiv liutserny za nasinnievoiu produktyvnistiu na posukhostiikist [Assessment of alfalfa genotypes for their productivity on dryness]. *Tavrijskyi naukovyi visnyk*, 120. 155–168 (in Ukrainian). doi: 10.32851/2226-0099.2021.120.21

31. Tyshchenko, A. V., Tyshchenko, O. D., Liuta, Yu. O., & Piliarska, O. O. (2021). Adaptivna zdattnist – vazhlyva oznaka v selekcii Roslyn [Adaptive ability is an important feature in plant breeding]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk. VD «Helvetyka», Kherson*, 75, 101–109 (in Ukrainian).

32. Vasconcelos, E. S., Barioni Júnior, W., Cruz, C. D., Ferreira, R. de P., Rassini, J. B. & Vilela, D. (2008). Alfalfa genotype selection for adaptability and stability of dry matter production. *Acta Sci. Agron.* 30, 339–343. doi: 10.4025/actasciagron.v30i3.3511.

33. Wang, Z., Ke, Q., Kim, M. D., Kim, S. H., Ji, C. Y., & Jeong, J. C. (2015). Transgenic Alfalfa Plants Expressing the Sweetpotato Orange Gene Exhibit Enhanced Abiotic Stress Tolerance. *PLoS ONE*, 10(5), e0126050. doi: 10.1371/journal.pone.0126050

34. Zajceva, I. O. (2015). Analiz fenoritmiki ta adaptivnih vlastivostej kleniv v umovah introdukcii u Stepovomu Pridniprovy [Analysis of phenorhythmics and adaptive properties of maples in the conditions of introduction in the Steppe Dnieper]. *Visnyk Dnipropetrov'skogo derzhavnogo agrarno-ekonomichnogo universitetu*. 6–12 (in Ukrainian).

35. Zhuchenko, A. A. (2009). Adaptivnoe rastenievodstvo jekologo-geneticheskoe osnovy. Teorija i praktika [Adaptive plant growing ecological-genetic basis. Theory and practice]. *V 3-h t. Agrorus, M.*, 2, 1104 (in Russian).

**Vozhegova R. A.**, Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Academician of NAAS of Ukraine, Director, Institute of Irrigated Agriculture, Kherson, Ukraine

**Tyshchenko A. V.**, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Institute of Irrigated Agriculture, Kherson, Ukraine

**Tyshchenko O. D.**, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Institute of Irrigated Agriculture, Kherson, Ukraine

**Dimov O. M.**, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Institute of Irrigated Agriculture, Kherson, Ukraine

**Lyuta Yu.O.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor SHEI Prazovsky State Technical University, Mariupol, Ukraine

#### **Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa in seed production**

Adaptive traits in alfalfa populations have been studied: plasticity, stability, genetic flexibility, general and specific adaptability in seed use, promising material for its further use in the selection process has been identified. Field, statistical. The research was conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS of Ukraine during 2017–2020 pp. 24 alfalfa populations were studied. Environmental condition indices (*Ij*) were used to assess growing conditions. The most favorable conditions for the formation of seed productivity were in 2019 ( $Ij = + 123.87$ ), in 2017 they were unfavorable ( $Ij = - 24.94$ ), in 2018 – conditions were very unfavorable ( $Ij = - 98.93$ ). Seed yield in alfalfa genotypes ranged from 169.57 to 243.10 kg/ha. There was a high positive relationship between seed yield in alfalfa populations ( $r = 0.768–0.882$ ) with the index of genetic flexibility (*Gf*), total adaptive capacity (*OACi*) ( $r = 0.799–0.891$ ) and adaptability coefficient (*KA*) ( $r = 0.799–0.891$ ). On the base of data analyze of seed productivity of alfalfa population for the first year its populations can be divided into three groups: intensive, stable and adapted types on the parameters of adaptive capacity and biplot analysis. The best stable populations were: Mg / CP-11 and J. / CP-11, intensive type – LR / H, Primorka / Sin (s) and adapted to different conditions – Sin (s) / Primorka and A.-N. d. № 15. Comprehensive assessment of populations on alfalfa seed yield and adaptability parameters using different methods and biplots analysis allowed to identify genotypes with high potential productivity and the greatest adaptability. These include genotypes: stable Mg / CP-11 and J. / CP-11, intensive type – LR / H, Primorka / Sin (s) and adapted to different conditions – Sin (s) / Primorka and A.-N.d. № 15, which should be used in the selection process of alfalfa for adaptability in the creation of new varieties.

**Key words:** genotype, seed productivity, parameters of adaptive traits, correlation, biplot analysis.