

АГРОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 633.31:631.67:636

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.46>

ПРОЯВ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ЛЮЦЕРНИ В УМОВАХ РІЗНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ГРАДІЄНТУ ЗА КОРМОВОГО ВИКОРИСТАННЯ

ТИЩЕНКО А.В. – кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0003-1918-6223>

ТИЩЕНКО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0002-8095-9195>

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0001-8649-0618>

Інститут зрошуваного землеробства НААН

Постановка проблеми. В умовах зміни клімату та за дефіциту природних ресурсів, порушення агро-екологічної рівноваги, як ніколи набувають особливої актуальності, вивчення пристосувальних можливостей генотипу, створення форм рослин, які проявляють позитивну реакцію на ці негативні зміни умов навколишнього середовища. Отже необхідно повністю використовувати ресурси середовища, біологічний потенціал рослин люцерни як кормової культури, так і культури яка має велике агротехнічне значення, вивчити різноманітність селекційного матеріалу люцерни для створення адаптивних, стабільно продуктивних сортів. Нестача вологи в ґрунті й часті посухи на півдні в останні роки, є основними обмежувачими факторами для вирощування й стабільної продуктивності люцерни, з метою її підвищення потрібно збільшити посухостійкість рослин люцерни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тому пошук і розвиток підходів кількісної оцінки господарсько-цінних показників рослин, формування яких проходить у постійній зміні погодних умов, як результат взаємодії двох систем, що динамічно розвиваються (рослинної та зовнішнього середовища), на основі біометричних методів стає все більш і більш актуальним [1]. Тож у сучасній селекції основне завдання повинно бути спрямоване на створення сортів з підвищеною екологічною стійкістю, посилення їх здатності забезпечувати високу та стабільну врожайність у різних умовах зростання [2], тобто підтримувати високий рівень адаптації рослин до комплексу біотичних і абіотичних факторів навколишнього середовища [3]. Висока врожайність не завжди має першочергове значення [4], необхідна їй стабільність при факторах зовнішнього середовища, які змінюються [5].

За визначенням Кільчевського А.В. адаптивна селекція — це сукупність методів, які забезпечують отримання сортів і гібридів з максимальною і стійкою продуктивністю в екологічних умовах регіону, для якого ведеться відбір [6] та її основною метою є поєднання продуктивності й стійкості до абіотичних, біотичних стресів у одному сорті (генотип, популяція) [7]. На думку О.О. Жученка більшість селекціонерів не заперечують складність проблеми об'єднання в одному генотипі високої продуктивності й адаптивності, але вони вважають таке об'єднання можливим та бажаним [8].

Лавриненко Ю.О., Гудзь Ю.В. запропонували таке трактування адаптивної селекції: це

пластичність, стабільність у вузькому розумінні та стабільність у широкому розумінні [9]. На думку В.В. Базалія такі терміни, як стабільність, пластичність, гомеостатичність протиставляються один одному, або вважаються однозначними, а інколи доповнюють один одного [10].

Кожен новий сорт повинен об'єднувати ряд спадкових факторів, що контролюють різні ознаки і властивості. Особливе місце серед них займають властивості, які забезпечують стабільність урожайності в мінливих екологічних умовах. Ця стабільність у часі й просторі обумовлюється генетичними механізмами гомеостазу, тобто сталості за рахунок власних регуляторних механізмів [8], або здатність біологічної системи протистояти впливу навколишнього середовища, встановлювати оптимальні відносини з зовнішнім середовищем [11].

Тому одна з головних задач селекції — підвищення адаптивного потенціалу сортів, до якого відносяться пластичність, стабільність і гомеостатичність, тобто не тільки підвищення продуктивності рослин, але і поєднання її зі стійкістю до абіотичних і біотичних стресів [12, 13]. Кінцевий результат це створення оптимального генотипу, здатного стабільно реалізувати свій потенціал і при цьому реагувати на зміну умов вирощування. У зв'язку з цим, виникає потреба у різнобічній оцінці селекційного матеріалу по адаптивних ознаках і врожайності у конкретних умовах.

Мета роботи. Вивчення адаптивних ознак: пластичності, стабільності, генетичної гнучкості, загальної і специфічної адаптивності у селекційних популяцій люцерни при кормовому використанні, виділення перспективного матеріалу для подальшого використання в селекційному процесі.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в Інституті зрошуваного землеробства НААН, що розташоване на Інгупецькому зрошуваному масиві, протягом 2017–2019 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення слугували сорти Унітро, Елегія, добори з селекційних зразків за потужністю кореневої системи, відібраних у заповіднику Асканія-Нова, сортів Rambler, Абайська різнокольорова, Сибірська 8 та гібридні популяції F₃-F₅, які були створені раніше. Оцінку проводили за кормового використання при зрошенні та в умовах природного зволоження.

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_j), коефіцієнт регресії (b_i), екологічна стабільність, пластичність сорту в різних умовах середовища (Gd_2) визначали за методикою S. A. Eberhart, W. A. Russell [14], показник стресостійкості ($Y_{min} - Y_{max}$) і генетичної гнучкості ($(Y_{max} + Y_{min}) / 2$) — за рівняннями A. A. Rosielle, J. Hamblin [15] у викладі А. А. Гончаренко [16], параметри гомеостатичності (Hom) селекційної цінності (Sc) - за Хангільдіним В.В. та ін. [17], коефіцієнт адаптивності (K_a) - за методом Животкова Л. А. та ін. [18], загальну адаптивну здатність (OAC_i), варіансу специфічної адаптивної здатності (σ_2CAC_i), відносну стабільність генотипу (sg_i), селекційну цінність генотипу (SC_i), коефіцієнти нелінійності (lgi) і компенсації-дестабілізації (Kgi) визначали за Кільчевським А.В. та ін. [19].

Результати досліджень. Оцінка, яка проведена нами при кормовому використанні дозволила визначити параметри наступних показників: стресостійкості, селекційної цінності, генетичної гнучкості, гомеостатичності, загальної та специфічної здатності та коефіцієнтів адаптивності, регресії, стабільності в сприятливих (зрошення) та стресових (без зрошення або природне зволоження) умовах вирощування. Їх рівень прояву залежав від значення індексу середовища. Позитивні значення його сприяють на більш прийнятні умови росту та розвитку люцерни. При зрошенні вони сприятливо склалися в 2017 й 2019 рр — індекси умов середовища становили (I_j) +3,54 і +3,68, гірше — в 2018 році, він був +1,90. У той же час, в умовах природного зволоження, значення індексу середовища (I_j) в 2017 р становило -2,97, в 2018 р — -3,55 і — -2,59 в 2019 р, тобто 2018 рік найгірший рік для вирощування люцерни на зелену масу.

Важливий показник рівень стійкості (стресостійкості) досліджуваних популяцій люцерни до стресових умов, який відображає різницю між мінімальною та максимальною врожайністю ($Y_{min}-Y_{max}$). Згідно Гончаренко А.А., чим менше різниця між мінімальною і максимальною врожайністю у сорту, тим вище його стійкість до стресу. Серед досліджуваних генотипів люцерни найменша різниця ($Y_{min}-Y_{max}$) відзначалася у популяції: А.г. d. — - 6,58 кг/м², Приморка /Сін(с) — - 6,61 кг/м², М.г./М.агр. — - 6,68 кг/м² і у стандарту Унітро — -7,44 кг/м² (табл. 1).

Але невисока врожайність в оптимальних умовах і низька при стресі не означає, що популяція більш стійка до посухи і володіє більшою продуктивністю в умовах стресу. Тому, виходячи із цього, високі показники означатимуть стійкість до стресу, проте існує дуже висока ймовірність, що більш продуктивні при стресі популяції, хоча з нижчими показниками не будуть виділені як посухостійкі.

Отже для повної оцінки селекційного матеріалу необхідно встановлювати рівень прояву інших ознак. Селекційна цінність (Sc) показує стабільність популяції та яка визначає добуток середньої врожайності к відношенню між мінімальною та максимальною врожайністю за роки досліджень ($Y_{mean} \times (Y_{min}/Y_{max})$). Високу селекційну цінність показали популяції А.г. d. — 0,65, ФХНВ² — 0,59, Ж./ЦП-11 — 0,52 та В.11/П. d. — 0,48, але тільки популяція А.г. d. має високий показник стресостійкості (-6,58), інші -7,37, -7,12 та -7,56, відповідно.

Характеристику сортів по стресостійкості доповнює індекс ($Y_{min} + Y_{max})/2$, який відображає

середню врожайність зразка при стресових і оптимальних умовах вирощування і характеризує генетичну гнучкість (G_f) популяції або його компенсаторну здатність. Чим вище G_f , тим вище ступінь відповідності між генотипом і факторами середовища. Найбільшим показником генетичної гнучкості в контрастних умовах характеризувалися досліджувані популяції люцерни: ФХНВ² — 4,72 кг/м², В.11/П. d. — 4,64 кг/м² та — 4,48 кг/м² у двох популяцій Ж./ЦП-11 і М.агр/С. Генетична гнучкість у стандартного сорту Унітро становила — 4,42 кг/м².

Коефіцієнт адаптивності (K_A) за Животковим Л.А. відображає відношення середньої врожайності популяції до врожайності середньопопуляційної. Висока адаптивність сорту забезпечує стабільну врожайність в різних умовах середовища, тому важливою характеристикою генотипу є його здатність стабільно реалізовувати свій потенціал. Максимальними значеннями цього показника на травостой люцерни першого року життя характеризувалися популяції ФХНВ² — 118,29, В.11/П. d. — 114,51 та Ж./ЦП-11 й А.г. d. з коефіцієнтами адаптивності 111,58 і 111,38, відповідно. Коефіцієнт адаптивності у стандартного сорту Унітро був нижче та склав — 107,56.

Коефіцієнт регресії (b_i) є критерієм оцінки рівня екологічної пластичності і вказує на реакцію генотипу до зміни умов середовища. Аналіз експериментальної люцерни можна розділити на три групи: інтенсивного типу ($b_i > 1$), стабільного ($b_i < 1$) та адаптованого до різних умов ($b_i = 1$). Ті генотипи, у яких $b_i > 1$, мають більшу чутливість на зміну умов вирощування, тобто такі генотипи вимогливі, наприклад, до рівня агротехніки, мінерального живлення та ін. Кращими популяціями інтенсивного типу були Син (с)/Приморка за коефіцієнтом регресії: $b_i = 1,20$, А.-Н. d. № 114 й Т./Емерауде — $b_i = 1,12$ та А.-Н. d. № 15 — $b_i = 1,08$. Якщо $b_i < 1$, то такий генотип слабкіше реагує на зміну, ніж в середньому досліджуваний набір популяцій. Тому вони цінні тим, що при мінімумі затрат можуть формувати максимальну продуктивність. В наших дослідженнях к таким популяціям з найнижчим показником коефіцієнту регресії відносяться: А.г. d. — 0,83, Приморка /Сін(с) — 0,90, М.г./М.агр. — 0,90 та Ram. d. і Ж./ЦП-11 — 0,93. У разі якщо $b_i = 1$, то генотип добре адаптований до різноманітних умов середовища вирощування. Такими здібностями володіли популяції (Емерауде /Т.), Зимостійка/М.К. та М.агр/С з $b_i = 1,00$.

Проведена оцінка генотипів люцерни на стабільність їх реакції на умови середовища за коефіцієнтом стабільності Si^2 , розрахованим за дисперсією відхилень фактичних врожаїв від теоретично очікуваних, показала, що менший коефіцієнт Si^2 , а значить і більшу стабільність реакції, мали популяції: Приморка — 0,0000, М.г. d. — 0,0015, М.г./ЦП-11 — 0,0025 та М.г./П.п. — 0,0033.

Прийнято вважати, що гомеостатичність (Hom) — це здатність рослин підтримувати внутрішню рівновагу і реалізовувати генетичні можливості сорту при зміні умов їх вирощування, що полягає в певній стійкості сортів будь-якої культури проти змін умов середовища. Так як вона пов'язана з екологічною пластичністю, то стійкість до дефіциту вологи, високій температурі повітря і взагалі до перепадів екологічних умов зростання характерна високого-гомеостатичним сортам [17].

Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що високими значеннями гомеостатичності виділялися популяції: ФХНВ² — 0,58, А.г. d. — 0,57, та Ж./ЦП-11 й В.11/П. d. з показником Hom=0,53.

Таблиця 1. – Гомеостатичність і адаптивність популяцій люцерни першого року життя за ознакою врожайності зеленої маси (2017-2019 рр.)

Сорт, популяція	Позначення	Врожайність зеленої маси, кг/м ²		Параметри адаптивності						
		Y _{min} -Y _{max}	Y _{mean}	Y _{min} – Y _{max} , кг/м ²	Sc	Gf	bi	Si ²	KA	Hom
Унітро, ст.-т	G1	0,70-8,14	4,41	-7,44	0,38	4,42	1,01	0,0091	107,56	0,47
Елегія	G2	0,36-7,75	3,90	-7,39	0,18	4,06	1,05	0,0221	95,11	0,37
Приморка	G3	0,53-7,50	3,95	-6,97	0,28	4,02	0,96	0,0000	96,37	0,41
M.g./ П.п.	G4	0,65-8,04	4,31	-7,39	0,35	4,35	1,01	0,0033	105,20	0,46
Син (с)/ Приморка	G5	0,08-8,18	3,83	-8,10	0,04	4,13	1,20	0,1399	93,41	0,33
LR/ Н	G6	0,64-7,67	4,14	-7,03	0,35	4,16	0,96	0,0059	100,93	0,44
Приморка / Син(с)	G7	0,60-7,21	3,89	-6,61	0,32	3,91	0,90	0,0050	94,87	0,42
А.-Н. d. № 114	G8	0,08-7,68	3,60	-7,60	0,04	3,88	1,12	0,1184	87,92	0,31
А.-Н.d. № 15	G9	0,17-7,58	3,64	-7,41	0,08	3,88	1,08	0,0769	88,77	0,32
А.-Н. d. № 38	G10	0,43-7,32	3,77	-6,89	0,22	3,88	0,97	0,0042	92,06	0,38
Добір за к.с.	G11	0,05-7,04	3,27	-6,99	0,02	3,55	1,04	0,1183	79,86	0,28
Ran. d.	G12	0,62-7,42	4,00	-6,80	0,33	4,02	0,93	0,0049	97,51	0,43
(Емерауде /Т.) ²	G13	0,69-8,05	4,35	-7,36	0,37	4,37	1,00	0,0071	106,17	0,47
Т./Емерауде	G14	0,27-8,02	3,94	-7,75	0,13	4,15	1,12	0,0498	96,09	0,36
M.g./ЦП-11	G15	0,63-7,86	4,21	-7,23	0,34	4,25	0,99	0,0025	102,68	0,44
Зимостійка/ М.К.	G16	0,25-7,22	3,56	-6,97	0,12	3,74	1,00	0,0376	86,78	0,33
M.agr/C.	G17	0,77-8,18	4,49	-7,41	0,42	4,48	1,00	0,0197	109,63	0,49
А.г. d.	G18	1,09-7,67	4,57	-6,58	0,65	4,38	0,83	0,1656	111,38	0,57
M.g./ M.agr.	G19	0,63-7,31	3,96	-6,68	0,34	3,97	0,91	0,0062	96,58	0,43
M.g. d.	G20	0,52-7,98	4,16	-7,46	0,27	4,25	1,04	0,0015	101,42	0,42
ФХНВ ²	G21	1,03-8,40	4,85	-7,37	0,59	4,72	0,95	0,1075	118,29	0,58
В.11/П. d.	G22	0,86-8,42	4,69	-7,56	0,48	4,64	1,01	0,0405	114,51	0,53
Ж./ ЦП-11	G23	0,92-8,04	4,57	-7,12	0,52	4,48	0,93	0,0681	111,58	0,53
Сибір. 8, d..	G24	0,69-7,97	4,32	-7,28	0,37	4,33	0,99	0,0079	105,32	0,46
V, %			9,5958	-5,1461	57,0942	6,9351	7,9345	118,4823	9,5951	19,0193
Sx _{абс.}			0,0803	0,0759	0,0349	0,0590	0,0162	0,0103	1,9586	0,0165
Sx _{віднос.}			1,9587	-1,0505	11,6543	1,4156	1,6196	241851	1,9586	3,8823
НІР ₀₁			0,2545	0,2406	0,1107	0,1870	0,0513	0,0326	6,2087	0,0525
НІР ₀₅			0,1839	0,1738	0,0800	0,1351	0,0371	0,0236	4,4852	0,0379

Кормова продуктивність популяцій люцерни за роки досліджень має високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,796-0,892$) з показником генетичної гнучкості (Gf) та коефіцієнтом адаптивності (KA) ($r = 0,765-0,913$). В умовах природного зволоження врожайність зеленої маси мала високу кореляційну залежність з селекційною цінністю ($r = 0,998$), гомеостатичністю ($r = 0,987$) та високу від'ємну ($r = -0,750$) з коефіцієнтом регресії, тоді як при зрошенні залежність була нижчою та становила: $r = 0,434-0,435$, $r = 0,562-0,563$ і $r = 0,267-0,269$, відповідно. Рівень стійкості до стресу мав високий від'ємний зв'язок ($r = -0,706-0,707$) з врожайністю при зрошенні, у той же час в умовах природного зволоження він був позитивний, але середній ($r = 0,329-0,330$).

Дані, отримані у перший рік життя травостою показують, що за ознаками гомеостатичності та показниками адаптивності найбільш стабільними виявилися популяції: А.г. d., ФХНВ² й Ж./ ЦП-11, які перевищували стандарт за врожайністю. Вони відрізнялися високою гомеостатичністю (Hom) (0,57; 0,58 і 0,53, відповідно), селекційною цінністю (Sc) (0,65; 0,59 і 0,52, відповідно), коефіцієнтом адаптивності (KA) (111,38; 118,29 і 111,58, відповідно), а показник пластичності був меншим за одиницю (bi) (0,83; 0,95 і 0,93, відповідно). Але у популяції А.г. d. показник стабільності (Si²) був найвищим 0,1656, у генотипів ФХНВ² й Ж./ ЦП-11 він дорівнював 0,1075 і 0,0681, відповідно, а рівень стійкості до стресу (Y_{min}-Y_{max}) у А.г. d. був найвищим -6,58, порівняно з популяціями ФХНВ² (-7,37) й Ж./ ЦП-11 (-7,12).

Генотипи Син (с)/Приморка, А.-Н. d. № 114, Т./Емерауде – 1,12 та А.-Н.d. № 15 за коефіцієнтом регресії (bi) виділялись як популяції інтенсивного типу, але всі вони поступалися за врожайністю стандарту.

Популяції: (Емерауде /Т.)², Зимостійка/М.К. та М.agr/С були виділені, як генотипи добре адаптовані до різноманітних умов середовища вирощування (bi = 1), але тільки М.agr/С перевищувала стандарт за врожайністю.

Для більш повного аналізу адаптивної здатності популяцій люцерни були ще розраховані: загальна адаптивна здатність (ОАСі), показник взаємодії генотип-середовище ($\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$), варіанту специфічної адаптивної здатності (σ^2_{CACi}), відносна стабільність генотипу (s_{gi}), селекційна цінність генотипу (СЦГі), коефіцієнт компенсації-дестабілізації (K_{gi}), коефіцієнт нелінійності (I_{gi}) за А.В. Кільчевським та Л.В. Хотильовою.

На думку Кільчевського А.В. та ін. під адаптивною здатністю розуміють властивість популяції підтримувати характерну для неї величину фенотипового прояву ознаки. Розрізняють загальну та

специфічну адаптивність [20]. Загальна адаптивна здатність (ОАСі) характеризується середнім значенням ознаки за різних умов. За показником якої вищі значення, ніж в сорту Унітро (0,31) відзначалися популяції: М.agr/С., А.г. d., ФХНВ², В.11/П. d., Ж./ ЦП-11. Максимальне його значення (0,75) мав генотип ФХНВ² (табл. 2).

Варіанса специфічної адаптивної здатності (σ^2_{CACi}) показує стабільність популяції і є більш інформативною в порівнянні з показником взаємодії «популяція-середовище» ($\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$), тому що враховує компенсаційний ефект. Меншим значенням показника σ^2_{CACi} порівняно з сортом Унітро ($\sigma^2_{CACi}=11,709$) мали 15 селекційних номерів, але найнижчим ($\sigma^2_{CACi}=7,974$) він був у генотипу А.г. d.

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. Нижчу відносну стабільність у порівнянні з Унітро ($s_{gi}=77,62$) відмічали

Таблиця 2. – Параметри адаптивних властивостей зразків люцерни першого року життя за ознакою врожайності зеленої маси (2017-2019 рр.)

Сорт, популяція	Позначення	Врожайність зеленої маси, кг/м ²		Параметри адаптивності						
		Ymin-Ymax	Ymean	ОАСі	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	σ^2_{CACi}	s_{gi}	СЦГі	K_{gi}	I_{gi}
Унітро, ст.-т	G1	0,70-8,14	4,41	0,31	-0,085	11,709	77,62	2,36	1,02	-0,0073
Елегія	G2	0,36-7,75	3,90	-0,20	-0,043	12,731	91,53	1,77	1,11	-0,0034
Приморка	G3	0,53-7,50	3,95	-0,15	-0,079	10,655	82,64	2,00	0,93	-0,0074
М.г./ П.п.	G4	0,65-8,04	4,31	0,21	-0,090	11,720	79,40	2,27	1,02	-0,0076
Син (с)/ Приморка	G5	0,08-8,18	3,83	-0,27	0,464	16,548	106,26	1,40	1,44	0,0280
LR/ Н	G6	0,64-7,67	4,14	0,04	-0,068	10,504	78,35	2,20	0,92	-0,0065
Приморка / Сін(с)	G7	0,60-7,21	3,89	-0,21	0,024	9,283	78,36	2,07	0,81	0,0025
А.-Н. d. № 114	G8	0,08-7,68	3,60	-0,50	0,170	14,515	105,73	1,33	1,27	0,0117
А.-Н.d. № 15	G9	0,17-7,58	3,64	-0,46	0,044	13,472	100,88	1,45	1,18	0,0033
А.-Н. d. № 38	G10	0,43-7,32	3,77	-0,33	-0,078	10,705	86,71	1,82	0,93	-0,0072
Добір за к.с.	G11	0,05-7,04	3,27	-0,83	0,016	12,409	107,61	1,17	1,08	0,0013
Ram. d.	G12	0,62-7,42	4,00	-0,10	-0,028	9,832	78,45	2,12	0,86	-0,0029
(Емерауде /Т.) ²	G13	0,69-8,05	4,35	0,25	-0,088	11,495	77,91	2,33	1,00	-0,0076
Т./Емерауде	G14	0,27-8,02	3,94	-0,16	0,105	14,364	96,23	1,67	1,25	0,0073
М.г./ЦП-11	G15	0,63-7,86	4,21	0,11	-0,090	11,232	79,64	2,21	0,98	-0,0081
Зимостійка/ М.К.	G16	0,25-7,22	3,56	-0,54	-0,063	11,569	95,63	1,52	1,01	-0,0055
М.agr/С.	G17	0,77-8,18	4,49	0,39	-0,078	11,410	75,17	2,48	1,00	-0,0068
А.г. d.	G18	1,09-7,67	4,57	0,47	0,376	7,974	61,86	2,88	0,70	0,0472
М.г./ М.agr.	G19	0,63-7,31	3,96	-0,14	0,007	9,452	77,67	2,12	0,83	0,0007
М.г. d.	G20	0,52-7,98	4,16	0,06	-0,074	12,403	84,73	2,05	1,08	-0,0059
ФХНВ ²	G21	1,03-8,40	4,85	0,75	0,016	10,510	66,87	2,91	0,92	0,0016
В.11/П. d.	G22	0,86-8,42	4,69	0,59	-0,061	11,633	72,67	2,66	1,02	-0,0052
Ж./ ЦП-11	G23	0,92-8,04	4,57	0,47	0,013	10,007	69,17	2,68	0,87	0,0013
Сибір. 8, d..	G24	0,69-7,97	4,32	0,22	-0,086	11,234	77,65	2,31	0,98	-0,0077
V, %			9,5958	-	-	16,1255	15,0757	23,2559	16,0202	-
Sx _{абс.}			0,0803	0,0803	0,0293	0,3804	2,5756	0,0985	0,0330	0,0026
Sx _{віднос.}			1,9587	-	314,3453	3,2916	3,0773	4,7471	3,2701	399,3853
НІР ₀₁			0,2545	0,2545	0,0930	1,2059	8,1648	0,3121	0,1046	0,0083
НІР ₀₅			0,1839	0,1839	0,0672	0,8711	5,8982	0,2255	0,0755	0,0060

у генотипів: А.г. d. – 61,86, ФХНВ² – 66,87, Ж./ЦП-11 – 69,17, В.11/П. d. – 72,67, М.agr/C – 75,17. Селекційні номери, що перевищували стандартний сорт Унітро за продуктивністю зеленої маси середовища ($I_{gi} = -0,0068-0,0472$). Варіювання коефіцієнта компенсації-дестабілізації становило 0,70–1,44, що вказує як на компенсуючі так і дестабілізуючі ефекти. Серед популяцій, які достовірно перевищували стандарт, це популяція ФХНВ² з $K_{gi} = 0,92$ мала компенсуючий ефект, а у популяції В.11/П. d. з $K_{gi} = 1,02$ спостерігався дестабілізуючий ефект.

За селекційною цінністю (СЦГі) перевищили стандарт Унітро зі значенням 2,36 популяції: ФХНВ² – 2,91, А.г. d. – 2,88, Ж./ЦП-11 – 2,68, В.11/П. d. – 2,66 та 2,48 у М.agr/C

Ефект загальної адаптивної здатності (ОАСі) характеризувався високою позитивною кореляційною залежністю з врожайністю зеленої маси як при зрошенні, так і без нього ($r = 0,764-0,913$, відповідно). В умовах природного зволоження врожайність зеленої маси мала високу позитивну кореляційну залежність з селекційною цінністю (СЦГі) ($r = 0,994$), високу від'ємну з варіансою специфічної адаптивної здатності (σ^2_{CACi}) ($r = -0,748-0,749$) та відносною стабільністю (s_{gi}) ($r = -0,990$), тоді як при зрошенні залежності були слабші і становили: $r = 0,534-0,535$, $r = 0,267-0,268$ і $r = -0,348-0,349$, відповідно.

За параметрами адаптивності були виділені найкращі популяції: ФХНВ², В.11/П. d. та А.г. d., але тільки перші дві істотно перевищували стандарт за врожайністю. Популяція А.г. d. хоча і не перевищувала істотно стандарт за врожайністю, але мала максимальні показники варіанси специфічної адаптивної здатності ($\sigma^2_{CACi} = 7,974$), відносно стабільності генотипу ($s_{gi} = 61,86$) та селекційної цінності (СЦГі = 2,88), тому її було виділено, як стабільну та перспективну популяцію.

Найбільш нестабільними виявилися популяції: А.-Н. d. № 114 та Добір за к.с., які мали найнижчу селекційну цінність (СЦГі = 1,33 й 1,17, відповідно).

Розглядаючи згенерований біplot (GGE), можна провести аналіз відносин між роком випробування, генотипом і його взаємодією з навколишнім середовищем. Іншими словами, привабливість цього методу полягає в тому, що з його допомогою можна розташувати генотипи за набором середовищ і візуалізувати переваги того чи іншого сорту в кожній з них.

За результатами GGE біplot-аналізу ми виділили такі найбільш стабільні популяції: G18 – А.г. d., G23 – Ж./ЦП-11 та G21 – ФХНВ², що слабніше реагують на погіршення умов вирощування, зокрема на посуху (рис. 1).

Популяції G5 – Син (с)./Приморка, G8 – А.-Н. d. № 114, показали різке зниження врожайності в умовах природного зволоження.

За параметрами адаптивної здатності та біplot-аналізом досліджувані популяції люцерни можна розділити на три групи: інтенсивного типу, стабільного та адаптовані до різних умов. Стабільними популяціями були А.г. d., Ж./ЦП-11 та ФХНВ², інтенсивного типу – А.-Н. d. № 114 та (Емерауде /Т.)², що адаптовані до різних умов.

Висновки. Отримані експериментальні дані дозволили виділити стабільні популяції: А.г. d., Ж./ЦП-11 та ФХНВ², що слабніше реагують на погіршення умов вирощування, зокрема на посуху

та інтенсивного типу, А.-Н. d. № 114 та (Емерауде /Т.)² адаптовані до різних умов.

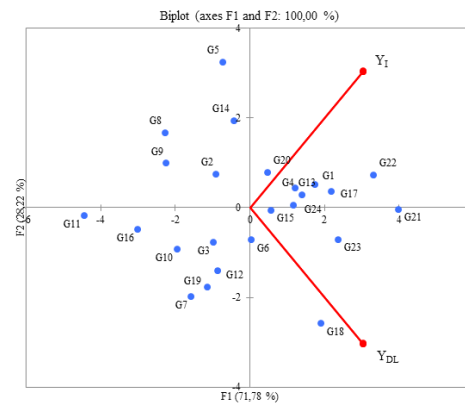


Рис. Генотип-середовищна взаємодія сортів люцерни і середовищ (метод біplot-аналіз).

Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ: – рік та умови зволоження; – генотип.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Прянишников А. И. Научные основы адаптивной селекции в Поволжье. М.: РАН, 2018. 96 с.
2. Гончаренко А. А. Сравнительная оценка адаптивного потенциала сортов зерновых культур и задачи селекции. (Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее. Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 140-летию НИУ «БелГУ» и 100-летию со дня рождения селекционера, ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Щелоковой Зои Ивановны. (г. Белгород, 24-26 ноября 2016 г.). Белгород, 2016. С. 46-48.
3. Асеева Т. А., Зенкина К. В. Адаптивность сортов яровой тритикале в агроэкологических условиях среднего Приамурья. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 1. С. 9-11. <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201919-11>.
4. Гончаров П. Л. Слагаемые успеха селекции растений. *Актуальные задачи селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений на современном этапе*: Докл. и сообщ. IX генетико-селекц. школы. Новосибирск, 2005. С. 3-13.
5. Зыкин В. А., Мешков В. В. Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к отрицательным абиотическим факторам в условиях Западной Сибири. Сб. *Селекция засухоустойчивых, среднеспелых и скороспелых зерновых культур*. Новосибирск. 1982. С. 3-14.
6. Кильчевский А. В. Основные особенности адаптивной селекции растений. *Экологическая генетика растений и животных*: Тез. докл. III Всесоюз. конф. Кишинев, 1987. С. 8–9.
7. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 1. *Общая генетика растений / науч. ред. А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой*. Минск : Белорус. наука. 2008. 551 с.
8. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев: Штинца, 1980. 587 с.
9. Лавриненко Ю. А., Гудзь Ю. В. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. Херсон : Борисфен, 1997. 168 с.
10. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції озимої пшениці в зоні Південного Степу. Херсон : Айлант, 2004. 243 с.
11. Логинов А. А. Гомеостаз: философские и общebiологические аспекты. Монография. Минск : Вышэйшая школа. 1979. 176 с

12. Ayalneh T., Letta T., Abinasa M. 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, 2013. DOI: 10.5829/idosi.aejae.2013.13.07.1950.

13. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции. *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 2(44). С. 31–36.

14. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. Vol. 6, Issue 1. P. 36–40.

15. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop.Sci.* 1981. Vol. 21, Issue 6. P. 27–29.

16. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник РАСХН*. 2005. № 6. С. 49–53.

17. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. *Науч.-техн. бюл. ВСГИ*. 1981. № 1/39. С. 8–14.

18. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность». *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3–32.

19. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генотип и среда в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1989. 191 с.

20. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. *Генетика*. 1985. Т. XXI, № 9. С. 1481–1489.

REFERENCES:

1. Pryanishnikov, A.I. (2018). *Nauchnyye osnovy adaptivnoy seleksii v Povolzh'ye [Scientific bases of adaptive selection in the Volga region]*. M.: RAN, 96 [in Russian].

2. Goncharenko, A.A. (2016). *Sravnitel'naya otsenka adaptivnogo potentsiala sortov zernovykh kul'tur i zadachi seleksii. (Seleksiya rasteniy: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye [Comparative assessment of the adaptive potential of grain varieties and the problem of breeding. (Plant breeding: past, present and future)]. Sbornik materialov I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchonnoy 140-letiyu NIU «BelGU» i 100-letiyu so dnya rozhdeniya selektsionera, uchenogo i pedagoga, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora Shchelokovoy Zoi Ivanovny. (g. Belgorod, 24-26 noyabrya 2016 g.)*. Belgorod, 46-48 [in Russian].

3. Aseyeva, T.A., & Zenkina, K.V. (2019). *Adaptivnost' sortov yarovogo tritikale v agroekologicheskikh usloviyakh srednego Priamur'ya [Adaptability of varieties of spring triticale in agroecological conditions of the middle Amur region]*. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka – Russian agricultural science*, 1, 9-11 <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201919-11> [in Russian].

4. Goncharov, P.L. 2005. *Slagayemyye uspekha seleksii rasteniy [Components of success in plant breeding]. Aktual'nyye zadachi seleksii i semenovodstva sel'skokhozyaystvennykh rasteniy na sovremennom etape: Dokl. i soobshch. IX genetiko-selekt. shkoly. Novosibirsk, 3-13 [in Russian]*.

5. Zykin, V.A., & Meshkov, V.V. (1982). *Seleksiya yarovoy myagkoy pshenitsy na ustoychivost' k otritsatel'nym abioticheskim faktoram v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [Breeding of spring soft wheat for resistance to negative abiotic factors in Western Siberia]. Sb. Seleksiya zasukhoustoychivyykh, srednespelykh i skorospelykh zernovykh kul'tur – Sat. Breeding of*

drought-resistant, mid-maturing and early-maturing grain crops. Novosibirsk, 3-14 [in Russian].

6. Kil'chevskiy, A.V. (1987). *Osnovnyye osobennosti adaptivnoy seleksii rasteniy [Main features of adaptive plant breeding]. Ekologicheskaya genetika rasteniy i zhivotnykh: Tez. dokl. III Vsesoyuz. konf. Kishinev, 8-9 [in Russian]*.

7. Kil'chevskogo, A.V., & Khotylevoy, L.V. (Eds). (2008). *Geneticheskiye osnovy seleksii rasteniy [Genetic foundations of plant breeding]. Obshchaya genetika rasteniy – General genetics of plants, 4, 1. Minsk: Belarus. nauka, 551 [in Russian]*.

8. Zhuchenko, A.A. (1980). *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy [Ecological genetics of cultivated plants]*. Kishinev: Shtiintsa, 587 [in Russian].

9. Lavrinenko, Yu.A., & Gud'z', Yu.V. (1997). *Teoriya i praktika adaptivnoy seleksii kukuruzy [Theory and practice of adaptive selection of corn]*. Kherson : Borisfen, 168 [in Russian].

10. Bazaliy, V.V. (2004). *Pryntsypy adaptivnoy seleksiiy ozymoy pshenitsy v zoni Pivdennoho Stepu [Principles of adaptive selection of winter wheat in the Southern Steppe]*. Kherson : Aylant, 243 [in Ukrainian].

11. Loginov, A.A. (1979). *Gomeostaz: filosofskiy i obshchebiologicheskyye aspekty [Homeostasis: philosophical and general biological aspects]*. Minsk : Vysheyshaya shkola, 176 [in Russian].

12. 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.aejae.2013.13.07.1950 [in English].

13. Goncharenko, A.A. (2016). *Ekologicheskaya ustoychivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi seleksii [Ecological sustainability of grain varieties and breeding tasks]. Zernovoye khozyaystvo Rossii – Grain farming in Russia, 2(44), 31–36 [in Russian]*.

14. Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). *Stability parameters for comparing varieties. Crop Science*. Vol. 6, Issue 1. P. 36–40 [in English].

15. Rossielle, A.A., & Hamblin, J. (1981). *Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop.Sci.* Vol. 21, Issue 6. P. 27–29 [in English].

16. Goncharenko, A.A. (2005). *Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and ecological sustainability of varieties of grain crops]. Vestnik RASKHN Bulletin of RAAS, 6, 49–53 [in Russian]*.

17. Khangil'din, V.V., & Litvinenko, N.A. (1981). *Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoy pshenitsy [Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties]. Nauch.-tekhn. byul. VSGI Scientific and technical bul. VSGI, 1/39, 8–14 [in Russian]*.

18. Zhivotkov, L.A., Morozova, Z.A., & Sekatuyeva, L.I. (1994). *Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu «urozhaynost'» [Methodology for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "yield"]. Seleksiya i semenovodstvo – Breeding and seed production, 2, 3–32 [in Russian]*.

19. Kil'chevskiy, A.V., & Khotyleva, L.V. (1989). *Genotip i sreda v seleksii rasteniy [Genotype and environment in plant breeding]*. Minsk: Nauka i tekhnika, 191 [in Russian].

20. Kil'chevskiy, A.V., & Khotyleva, L.V. (1985). *Metod otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyushchey sposobnosti sredy [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment]. Soobshcheniye I. Obosnovaniye metoda. Genetika – Communication I. Justification of the method. Genetics, XXI, 9, 1481–1489 [in Russian]*.