

ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ПРИ СЕЛЕКЦІЇ НА ЯКІСТЬ ЗЕРНА

Р. О. СПРЯЖКА, аспірант

E-mail: roman.spriazhka@nubip.edu.ua

В. Л. ЖЕМОЙДА, кандидат сільськогосподарських наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: wisena.seeds@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.007>

***Анотація.** Визначення екологічної стабільності є невід'ємною частиною екологічного сортовипробування сортів та гібридів сільськогосподарських культур. Завдяки отриманим даним можна робити висновки щодо витривалості, адаптивного потенціалу та пристосовуваності до умов вирощування нових гібридів кукурудзи. Визначення індексу умов середовища, коефіцієнтів екологічної пластичності та стабільності забезпечують підґрунтя для рекомендації гібридів кукурудзи при вирощуванні в певних еколого-географічних та ґрунтово-кліматичних умовах.*

Випробування експериментальних гібридів кукурудзи у 2021 році проводили у трьох локаціях: відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (Білоцерківський район Київської обл.); товаристві з обмеженою відповідальністю «Агрофірма «Колос» (Сквирський район Київської обл.); Національному Центрі генетичних ресурсів рослин України (Харківський район Харківської обл.). Матеріал досліджень – 8 експериментальних гібридів кукурудзи, материнськими формами яких є інбредні лінії ВК13, ВК69 та АЕ801. Індекс умов середовища, коефіцієнти екологічної пластичності та стабільності розраховували за методикою Еберхарта-Рассела.

Середня урожайність досліджуваних гібридів в умовах ВП «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України становила 5,24 т/га, в умовах ТОВ «Агрофірма «Колос» – 6,04 т/га, в умовах НЦГРР України – 8,24 т/га. Встановлено, що оптимальні умови для росту і розвитку рослин кукурудзи у 2021 році були на дослідних полях НЦГРР України із індексом умов середовища – 0,38.

Коефіцієнт екологічної пластичності (лінійної регресії), за допомогою якого визначають реакцію гібридів на покращення умов вирощування, варіював в межах від -2,2 до 5,9. Кращі показники даного коефіцієнту відмічено у гібридів АЕ801хВК13 та ВК13хАК159.

Коефіцієнт екологічної стабільності (середньоквадратичне відхилення) був близьким до нуля, що свідчить про здатність експериментальних гібридів кукурудзи формувати урожайність незалежно від умов навколишнього середовища. Винятком є гібрид ВК69хУХК667 із коефіцієнтом (σ^2) 1,85 – він

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

потребує оптимальних умов вирощування для реалізації потенціалу урожайності.

Ключові слова: кукурудза, інбредна лінія, гібрид, індекс умов середовища, пластичність, стабільність

Актуальність. Кукурудза – тропічна культура з низькою толерантністю до низьких температур (нижче 10°C). Культура була завезена в південну Європу із тропіків Америки і тільки згодом адаптована до умов північних регіонів. Протягом переміщення із південних регіонів у північні, вона проходила природну і штучну селекцію та адаптацію до росту за понижених температур (Rodriguez, Butron & Malvar, 2008)

Для забезпечення потреб в продуктах харчування та кормах до 2050 року, важливо, щоб програми покращення кукурудзи зосередилися на створенні гібридів кукурудзи з високими адаптивними властивостями до змін клімату. Генетичні ресурси кукурудзи мають вирішальне значення для досягнення цієї мети. Зокрема, місцеві сорти кукурудзи, враховуючи їх тисячолітню еволюційну історію, мають широке генетичне різноманіття для підвищення продуктивності, адаптивності, харчової цінності та показників якості (Dwivedi et al., 2016).

Однією, із найбільш важливих проблем виробництва сільськогосподарської продукції є стійкість культурних рослин до несприятливих умов навколишнього

середовища. Ґрунтово-кліматичні умови України зумовлюють необхідність створення гібридів кукурудзи із високими показниками екологічної пластичності та стабільності (Красновський С.А., 2017).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найбільш важливих і продуктивних сільськогосподарських культур в світі, основними напрямками використання якої є харчова промисловість, заготівля кормів та переробка на біопаливо. (Schnable et al., 2009) Культура представлена різноманіттям фенотипів та генотипів, які здатні адаптуватися до нових умов вирощування, завдяки успішній інтродукції та акліматизації із регіонів з тропічним кліматом до регіонів із помірним кліматом. Акліматизація мала значний вплив на метаболічні, морфологічні, адаптивні, фенологічні та цінні господарські властивості (Liu et al., 2015).

Більшість досліджень генетичного різноманіття місцевих сортів кукурудзи зосереджено на аналізі варіацій генетичних параметрів без особливої уваги до ознак, які впливають на стійкість до стресових умов середовища. Лише невелика кількість досліджень

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

спрямована на аналіз варіацій місцевих сортів кукурудзи за адаптивними властивостями (Nelimor et al., 2019).

Для раціонального аналізу потенціалу експериментальних гібридів кукурудзи необхідно отримати дані про їх екологічну стабільність і пластичність, які дають змогу рекомендувати оптимальні умови та регіони для впровадження у виробництво того чи іншого гібриду. В агрономічній термінології поняття «екологічно стійкий гібрид» має на увазі здатність гібриду формувати відносно стабільний рівень урожайності по рокам та різним еколого-географічним зонам (Децына, Илларионова, Щербинина, 2019).

Головним завданням селекційної роботи на сучасному етапі розвитку є поєднання високої продуктивності рослин із оптимальними показниками якості продукції і стійкістю до біотичних та абіотичних факторів (Філіпов та ін., 1996).

Реалії сьогодення, при створенні гібридів кукурудзи, передбачають прямий добір батьківських компонентів які можуть слугувати не лише джерелами високої продуктивності та якості продукції, а й толерантності до факторів несприятливих умов середовища. Як наслідок гібриди повинні володіти комплексом ознак, які визначають їх адаптивні властивості – екологічну

пластичність та стабільність (Філіпов та ін., 2001).

Класифікація гібридів за нормою реакції на умови вирощування включає розподіл на три групи:

1. Інтенсивні – потребують комфортних умов для росту і розвитку, оскільки мають широку норму реакції на ґрунтово-кліматичні умови. Здатні ефективно використовувати високий рівень агрофону.

2. Пластичні – характеризуються високою пластичністю та стабільністю в різних екологічних умовах за рахунок середньої норми реакції. Гібриди даної групи здатні пристосовуватись до мінливих умов зовнішнього середовища.

3. Гомеостатичні – за рахунок вузької норми реакції мають, відповідно, незначну реакцію на умови вирощування. Гібриди даної групи придатні для вирощування в зонах із низьким рівнем агрофону (Воскобойник, 2005).

Поділ гібридів на типи визначається їх екологічною пластичністю – зміни фенотипової експресії генотипу. Екологічну пластичність оцінюють як за урожайністю в цілому, так і за окремими ознакам (наприклад довжиною качана, кількістю рядів зерен, кількість зерен в ряду, тощо). Найбільш важливим показником є загальна урожайність, яка є економічною складовою

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

вирощування сільськогосподарських культур (Кравченко, 2012).

Екологічна пластичність – це ступінь пристосовуваності сорту або гібрида до умов навколишнього середовища. Чим ширше діапазон пристосовуваності, тим вище його екологічна пластичність. Екологічна стабільність – це здатність сорту або гібрида зберігати свою структуру і функції в процесі впливу внутрішніх і зовнішніх факторів середовища вирощування. Отже поняття «пластичність» та «стабільність» характеризують потенціал модифікаційної та генотипової мінливості, як окремих ознак та властивостей рослини, так і урожайності в цілому.

Фенотипова пластичність відіграє вирішальну роль у прояві фенотипової варіації численних ознак, які досліджувались у різних умовах вирощування як для окремих рослини, так і для популяцій (Pigliucci, 2005). Численні селекційні програми спрямовані на зниження пластичності, щоб стабілізувати продуктивність інбредних ліній і гібридів кукурудзи за різних умов вирощування, зокрема, намагаючись підтримувати високий урожай зерна. Однак збільшення пластичності дає рослинам змогу адаптуватися до варіацій умов вирощування, оптимізуючи індивідуальну зернову продуктивність за сприятливих умов, одночасно пом'якшуючи зниження продуктивності зумовлене

несприятливими кліматичними змінами (Kusmec et al., 2017).

Мета досліджень – визначення екологічної пластичності та стабільності експериментальних гібридів кукурудзи за показником урожайності в різних ґрунтово-кліматичних умовах, адаптивних властивостей гібридів та рекомендація умов вирощування для впровадження гібридів у виробництво.

Матеріали і методи досліджень. Екологічне випробування експериментальних гібридів у 2021 році проводили в умовах відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (ВП НУБіП України «АДС»); товариства з обмеженою відповідальністю «Агрофірма «Колос» (ТОВ «Агрофірма «Колос»); Національного Центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРР України).

ВП «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України розташована у Білоцерківському районі Київської області. За географічним положенням дослідне господарство розташоване в північній частині Правобережного Лісостепу України із типовими кліматичними умовами. Основна ґрунтова різноманітність дослідних полів – чорнозем типовий карбонатний малогумусний

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.
крупнопилувато-
середньосуглинковий.

ТОВ «Агрофірма «Колос» розташоване у Сквирському районі Київської області в зоні Правобережного Лісостепу України. Ґрунти господарства – чорноземи типові, малогумусні. Кліматичні умови типові для Правобережного Лісостепу України.

Дослідні поля НЦГРР України розташовані у Харківському районі Харківської області в типових, для східної частини Лісостепу України, умовах. Переважна більшість ґрунтів представлена слабо лужним, важкосуглинково-пилуватим чорноземом та характеризуються зернисто-грудкуватою структурою. Кліматичні умови місця випробувань – помірно-континентальний.

Попередником, в усіх варіантах, слугувала пшениця м'яка озима. Гербіциди, інсектициди, фунгіциди, мінеральні та органічні добрива не застосовувались.

Матеріалом досліджень слугували 8 експериментальних гібридів кукурудзи, материнськими формами яких є інбредні лінії ВК13, ВК69 та АЕ801.

$$Y = \frac{\sum Y_{ij}}{v \times n}$$

Де $\sum Y_{ij}$ – сума показників урожайності по гібридам та локаціям випробувань;

v – кількість досліджуваних гібридів

$$I_j = \frac{\sum Y_j}{v} - \frac{\sum \sum Y_{ij}}{v \times n}$$

Розміщення дослідних ділянок рендомізоване у трикратній повторюваності. Площа облікової ділянки – 9,8 м², кількість рослин на ділянці – 80-82 шт. (Доспехов, 2014).

Визначення урожайності виконували згідно методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Ткачик та ін., 2016).

Дослідження із вивчення екологічної пластичності, стабільності та визначення індексу умов середовища вирощування виконувались за методикою Еберхарта-Рассела, яка основана на розрахунку параметрів коефіцієнту лінійної регресії b_i (екологічна пластичність), дисперсії σ_d^2 (екологічна стабільність) та індексу умов середовища I_j (Eberhart & Russell, 1966).

Для розрахунку екологічної пластичності склали таблицю, куди заносили дані середньої урожайності гібридів та (Y_i) локаціям випробувань (Y_j).

Середню урожайність дослідів (Y) розраховували за формулою (1):

$$(1)$$

n – кількість локацій

Для визначення коефіцієнту екологічної пластичності b_i (лінійної регресії) визначали індекс умов середовища за формулою (2):

$$(2)$$

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

Де $\sum Y_j$ – сума урожайності всіх гібридів в конкретній локації;

$\sum \sum Y_{ij}$ – сума урожайності всіх гібридів у всіх локаціях

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2} \quad (3)$$

Де $\sum Y_{ij} I_j$ – сума добутків урожайності певного гібриду в конкретних умовах на відповідну величину індексу умов середовища;

$\sum I_j^2$ – сума квадратів індексів умов середовища.

$$x_i = Y_i + b_i \times I_j \quad (4)$$

Де Y_i – середня урожайність i -гібриду по локаціях випробування;

$b_i \times I_j$ – добуток коефіцієнта екологічної пластичності на індекс умов середовища.

$$\sigma_{ij} = Y_{ij} - x_i \quad (5)$$

Де Y_{ij} – фактична урожайність конкретного гібрида в конкретній локації;

x_i – теоретична урожайність гібриду в конкретній локації

$$\sigma d^2 = \frac{\sum \sigma_{ij}^2}{v-2} \quad (6)$$

Де $\sum \sigma_{ij}^2$ – сума квадратів відхилень фактичної урожайності від теоретичної.

Результати досліджень та їх обговорення. В умовах ВП НУБіП України «АДС» було досліджено 8 експериментальних гібридів кукурудзи: ВК13хFV243, ВК69хУХК667, ВК69хВК13, АЕ801хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хАК159, АЕ801хВК69, а їх середня урожайність становила 6,73 т/га.

Далі для кожного гібриду розраховували коефіцієнт регресії, який характеризує екологічну пластичність за формулою (3):

Щоб визначити екологічну стабільність необхідно розрахувати теоретично можливу урожайність для кожного гібриду окремо за формулою (4):

Відхилення фактичної урожайності від теоретичної визначають за формулою (5):

Коефіцієнт екологічної стабільності (середньоквадратичне відхилення) визначається за формулою (6):

Другою локацією досліджень були умови ТОВ «Агрофірми «Колос», де було досліджено 7 експериментальних гібридів кукурудзи: ВК69хУХК667, ВК69хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хFV243, АЕ801хВК19, АЕ801хВК69. Середня урожайність яких становила 6,04 т/га, що лише на 16 % вище, ніж у аналогічних гібридів в умовах ВП НУБіП України «АДС» – 5,24 т/га. Така незначна різниця показників

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

рівня урожайності зумовлена, насамперед, відносною схожістю ґрунтового покриву та кліматичних умов, оскільки обидві точки випробувань розташовані в зоні північної частини Правобережного Лісостепу України. Найвищу серед випробовуваних гібридів урожайність сформували гібриди: ВК69хУХК667 – 7,31 т/га, ВК13хВК11 – 6,89 т/га.

До НЦГРР України для вивчення було передано експериментальні гібриди АЕ801хВК13, ВК69хВК13, ВК13хFV243, ВК69хУХК667,

ВК69хQ170 та ВК13хАК159. Досліджувані експериментальні гібриди, в ґрунтово-кліматичних умовах дослідних полів НЦГРР України, сформували середню урожайність на рівні 8,24 т/га, що на 48% вище ніж аналогічні гібриди в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» – 5,6 т/га. Серед вищенаведених гібридів слід виокремити гібриди ВК69хУХК667 та ВК13хАК159, які, в умовах НЦГРР України сформували урожайність на рівні 9,40 т/га та 10,25 т/га відповідно (рис. 1).

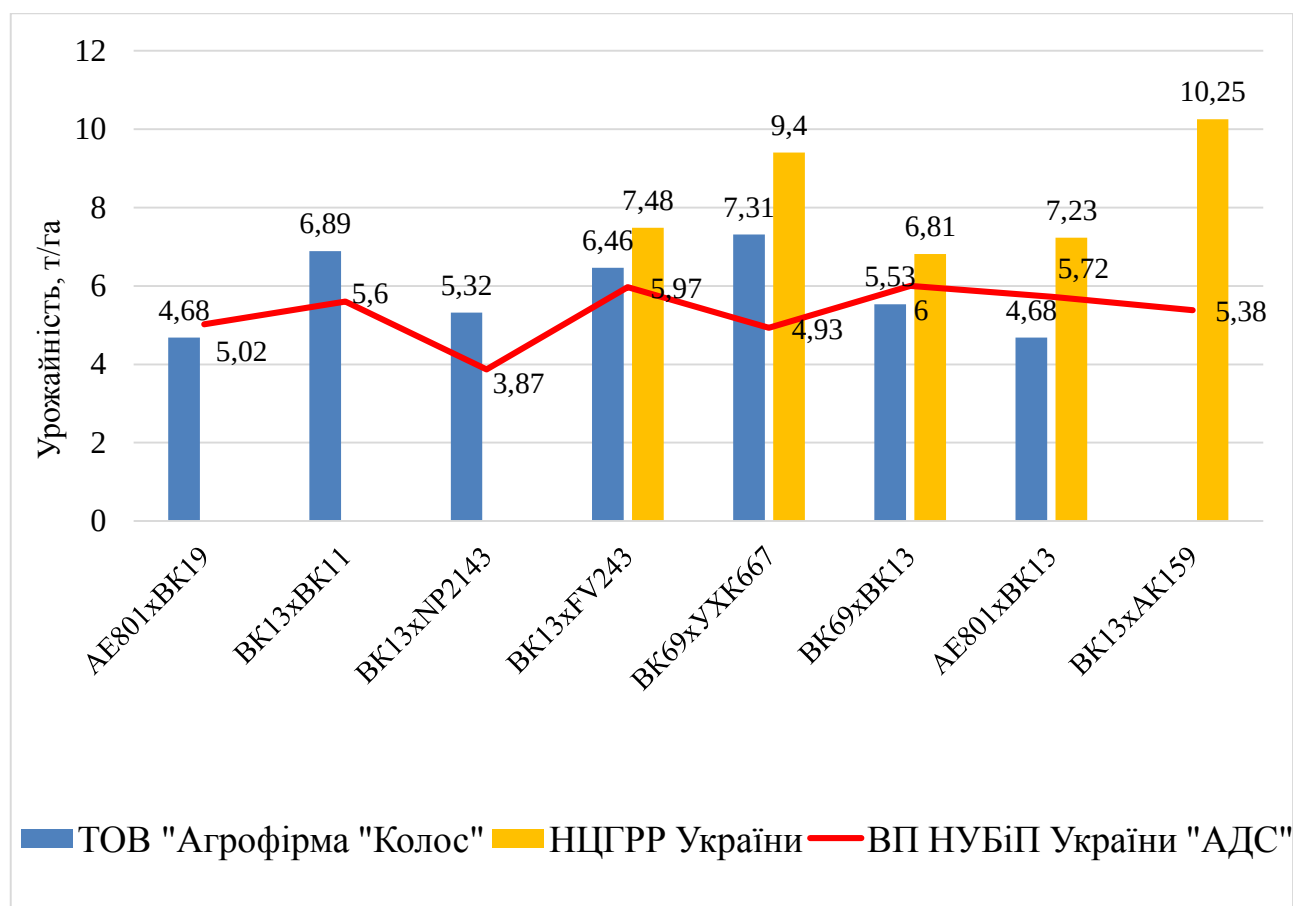


Рис. 1. Урожайність експериментальних гібридів в умовах ТОВ «Агрофірма «Колос», НЦГРРУ, ВП НУБіП України «АДС», 2021 р.

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

Індекс умов середовища характеризує мінливість умов вирощування. Індокси умов середовища можуть приймати як додатні значення – що свідчить про кращі умови для росту і розвитку генотипів, так і від’ємні значення – які негативно характеризують умови вирощування (Багатченко, Жемойда, Спряжка, 2019).

Результати досліджень свідчать про те, що кращими умовами навколишнього середовища у 2021 році, згідно індексу умов середовища (I_j) характеризувались дослідні поля НЦГРР України ($I_j = 0,38$) (табл. 1).

Коефіцієнт лінійної регресії (bi) показує їх реакцію на покращення умов вирощування. Чим вище коефіцієнт (bi), тим вищим відгуком до покращення умов вирощування характеризується гібрид.

Найвищий показник екологічної пластичності встановлено у гібридів АЕ801хВК13 ($bi = 3,6$) та ВК13хАК159 ($bi = 5,9$), що вказує на їх позитивну реакцію при використанні інтенсивного типу господарювання. Дані гібриди потребують високого рівня агротехніки, оскільки лише в цьому випадку зможуть повністю розкрити свій потенціал.

1. Індокси умов середовища та показники екологічної пластичності, 2021 р.

Назва зразка	Середня урожайність в різних умовах вирощування, т/га			$\sum Y_i$	Y_i	bi
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України			
ВК13хFV243	8,52	6,46	7,48	22,46	7,49	1,5
ВК69хУХК667	4,52	7,31	9,40	21,23	7,08	1,5
ВК69хВК13	4,91	5,53	6,81	17,25	5,75	1,2
АЕ801хВК13	8,72	4,68	7,23	20,63	6,88	3,6
ВК13хВК11	7,49	6,89		14,38	7,19	-2,2
ВК13хNP2143	4,37	5,32		9,69	4,85	-2,1
ВК13хАК159	6,79		10,25	17,04	8,52	5,9
АЕ801хВК69	8,50	8,29		16,79	8,40	-1,5
$\sum Y_j$	53,82	44,48	41,17	139,47		
Y_j	6,73	6,35	8,23			
I_j	0,08	-0,46	0,38	$\sum I_j^2$	1,34	

Для визначення екологічної стабільності генотипів попередньо визначають теоретичну можливу

урожайність гібридів за вирощування в оптимальних умовах (табл. 2).

2. Розрахункова теоретична урожайність гібридів кукурудзи, 2021 р.

Назва зразка	Середня урожайність в різних умовах вирощування, т/га		
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України
BK13xFV243	7,61	6,78	8,07
BK69xУХК667	7,20	6,37	7,66
BK69xBK13	5,85	5,20	6,20
AE801xBK13	7,17	5,22	8,23
BK13xBK11	6,16	7,36	
BK13xNP2143	4,23	5,37	
BK13xAK159	7,83		9,57
AE801xBK69	7,75	8,55	

Наступним етапом при розрахунку екологічної стабільності є визначення відхилення фактичної урожайності від розрахункової теоретичної та визначення середньоквадратичного відхилення, збільшення якого свідчить про зниження екологічної стабільності досліджуваного зразка (табл. 3).

3. Відхилення фактичної урожайності від розрахункової, 2021 р.

Назва зразка	Відхилення урожайності, σ_{ij} , т/га			$\sum \sigma_{ij}^2$	σd^2
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України		
BK13xFV243	0,91	-0,32	-0,59	1,27	0,21
BK69xУХК667	-2,68	0,94	1,74	11,13	1,85
BK69xBK13	-0,94	0,33	0,61	1,36	0,23
AE801xBK13	1,55	-0,54	-1,00	3,69	0,61
BK13xBK11	1,33	-0,47	-0,86	2,72	0,45
BK13xNP2143	0,14	-0,05	-0,09	0,03	0,01
BK13xAK159	-1,04	0,37	0,68	1,67	0,28
AE801xBK69	0,75	-0,26	-0,48	0,86	0,14

Майже всі досліджувані генотипи характеризувались високою екологічною стабільністю, кращі показники зафіксовано у гібридів BK13xNP2143 ($\sigma d^2 = 0,01$), AE801xBK69 ($\sigma d^2 = 0,14$) та BK13xFV243 ($\sigma d^2 = 0,21$). Розрахункові дані свідчать про те, що експериментальний гібрид BK69xУХК667 із показником

середнього квадратичного відхилення на рівні 1,85 є екологічно нестабільним і сильно залежить від умов навколишнього середовища.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Серед досліджуваних експериментальних гібридів за показником урожайності слід виокремити гібриди BK69xУХК667 та BK13xAK159, які

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

сформували урожайність на рівні 9,40 т/га та 10,25 т/га відповідно в умовах НЦГРР України.

Результати випробувань експериментальних гібридів свідчать про те, що ґрунтово-кліматичні умови дослідних полів НЦГРР України є найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин кукурудзи із індексом умов середовища (I_j) 0,38.

Кращими показниками коефіцієнту лінійної регресії характеризуються гібриди АЕ801хВК13 ($bi = 3,6$) та ВК13хАК159 ($bi = 5,9$). Дані гібриди за нормою реакції на умови

вироснування відносяться до інтенсивних, вони найкраще реагують на оптимізацію рівня агрофону.

Сім із восьми досліджуваних гібридів є екологічно пластичними та стабільними – здатні пристосовуватись до мінливих умов навколишнього середовища. Показник середньоквадратичного відхилення (σ^2) більше одиниці зафіксовано лише у одного гібрида – ВК69хУХК667, що доводить сильну залежність формування урожайності даного гібрида від умов вирощування.

Список використаних джерел

1. Rodriguez V.M., Butron A., Malvar R.A. and others. Quantitative trait loci for cold tolerance in the maize IBM population. *Int. Journal Plant Science*. 2008. No. 169. P. 551-556.

2. Dwivedi S.L., Ceccarelli S., Blair M.W., Upadhyaya H.D., Are A.K., Ortiz R. Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends Plant Science*. 2016. No. 21. P. 31–42.

3. Красновський С.А. Селекційна цінність інбредних ліній кукурудзи як компонентів холодостійких високоврожайних гібридів: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.05 / ІБКІЦБ. Київ, 2017. 26 с.

4. Schnable P.S., Ware D., Fulton R.S., Stein J.C., Wei F., Pasternak S., Liang C., Zhang J., Fulton L., Graves T.A.. The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science*. 2009. Vol. 326, No. 5956. P. 1112–1115.

5. Liu H., Wang X., Warburton-Marilyn L., Wen W., Jin M., Deng M., Liu J., Tong H., Pan Q., Yang X. Genomic, transcriptomic, and phenomic variation reveals the complex adaptation of modern maize breeding. *Mol Plant*. 2015. Vol. 8, No. 6. P. 871–884.

6. Nelimor C., Badu-Apraku B., Tetteh A.Y., N'guetta A.S.P. Assessment of Genetic Diversity for Drought, Heat and Combined Drought and Heat Stress Tolerance in Early Maturing Maize Landraces. *Plants*. 2019. No. 8. P. 518.

7. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Оценка экологической пластичности и стабильности крупноплодных сортов подсолнечника. *Масличные культуры*. 2019. Вып. 3, № 179. С. 35-39.

8. Філіпов Г.Л., Вишневський М.В., Максимова Л.О. та ін. Фізіологічна оцінка та відбір вихідного матеріалу кукурудзи на стійкість до кореневого вилягання та загущення. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 1996. №1. С. 43-47.

9. Філіпов Г.Л., Вишневський М.В., Максимова Л.О. та ін. Ефективність фізіологічної діагностики та відбору селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивність. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. № 2. С. 220-224.

10. Воскобойник О.В. Оцінка стабільності врожайності зерна гібридів кукурудзи за різних екофакторів середовища. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2005. № 26–27. С. 82–86.

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

11. Кравченко Р.В. Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов. *Научный журнал КубГАУ*. 2012. №77(03). С. 1-15.

12. Pigliucci M. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends Ecol Evol*. 2005. Vol. 20, No. 9. P. 481–486.

13. Kismec A., Srinivasan S., Nettleton D., Schnable P.S. Distinct genetic architectures for phenotype means and plasticities in Zea mays. *Nat Plants*. 2017. Vol. 3, No. 9. P. 715–723.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2014. 351 с.

15. Ткачик С.О., Присяжнюк О.І., Лещук Н.В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Вінниця, 2016. 119 с.

16. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. P. 36-40.

17. Багатченко В.В., Жемойда В.Л., Спряжка Р.О. Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти стояння. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2019. №11(1). С. 79-87.

References

1. Rodriguez, V.M., Butron, A., Malvar, R.A. and others. (2008) Quantitative trait loci for cold tolerance in the maize IBM population. *Int. Journal Plant Science*, 169, 551-556.

2. Dwivedi, S.L., Ceccarelli, S., Blair, M.W., Upadhyaya, H.D., Are, A.K., Ortiz, R. (2016) Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends Plant Science*, 21, 31–42.

3. Krasnovskiy S.A. (2017). Seleksiina tsinnist inbrednykh linii kukurudzy yak komponentiv kholodostiikykh vysokovrozhainykh hibrydiv. [Breeding value of inbred lines of corn as components of cold-resistant high-yielding hybrids] Kyiv, – 26 s.

4. Schnable, P.S., Ware, D., Fulton, R.S., Stein, J.C., Wei, F., Pasternak, S., Liang, C., Zhang, J., Fulton, L., Graves, T.A. (2009). The

B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science*, 326(5956), 1112–1115.

5. Liu, H., Wang, X., Warburton-Marilyn, L., Wen, W., Jin, M., Deng, M., Liu, J., Tong, H., Pan, Q., Yang, X. (2015) Genomic, transcriptomic, and phenomic variation reveals the complex adaptation of modern maize breeding. *Mol Plant*, 8(6), 871–884.

6. Nelimor, C., Badu-Apraku, B., Tetteh, A.Y., N'guetta, A.S.P. (2019) Assessment of Genetic Diversity for Drought, Heat and Combined Drought and Heat Stress Tolerance in Early Maturing Maize Landraces. *Plants*, 8, 518.

7. Detsyna, A.A., Yllaryonova, Y.V., Shcherbynyna, V.O. (2019) Otsenka ekolohycheskoi plastychnosti i stablynosti krupnoplodnykh sortov podsolnechnyka. Maslychnye kulturi [Evaluation of ecological plasticity and stability of large-fruited sunflower varieties]. *Oil crops*, 3(179), 35-39.

8. Filipov, H.L., Vyshnevskiy, M.V., Maksymova, L.O. et al. (1996) Fiziolohichna otsinka ta vidbir vykhidnoho materialu kukurudzy na stiikist do korenevoho vyliahannia ta zahushchennia [Physiological evaluation of the susceptibility of the corn material to root wilting and thickening]. *Bulletin of the Grain State Institute*, 1, 43-47.

9. Filipov, H.L., Vyshnevskiy, M.V., Maksymova, L.O. et al. (2001). Efektyvnist fiziolohichnoi diahnostryky ta vidboru selektsiinoho materialu kukurudzy na adaptivnist [Effectiveness of physiological diagnosis and selection of breeding material of corn for adaptability]. *Physiology of plants in Ukraine on the verge of millennia*, 2, 220-224.

10. Voskoboinyk, O.V. (2005). Otsinka stabilnosti vrozhaivosti zerna hibrydiv kukurudzy za riznykh ekofaktoriv seredovyscha [Evaluation of the grain yield stability of corn hybrids under different ecofactors of the environment]. *Bulletin of the Institute of Grain Management of the Ukrainian Academy of Sciences*, 26-27, 82-86.

11. Kravchenko, R.V. (2012). Adaptivnost y stablynost proiavlennia urozhainykh svoistv hibrydov kukuruzy na fone antropohennykh faktorov [Adaptability and stability of manifestation of yield properties of corn hybrids against the background of

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

anthropogenic factors]. Scientific journal KubSAU, 77(03), 1-15.

12. Pigliucci, M. (2005). Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? Trends Ecol Evol, 20(9), 481–486.

13. Kusmec, A., Srinivasan, S., Nettleton, D., Schnable, P.S. (2017). Distinct genetic architectures for phenotype means and plasticities in Zea mays. Nat Plants, 3(9), 715–723.

14. Dospekhov, B.A. (2014). Metodyka polevoho opyta (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva: Alians, 351.

15. Tkachyk, S.O., Prysiazniuk, O.I., Leshchuk, N.V. (2016). Metodyka provedennia

kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna [Methodology for conducting a qualification examination of varieties of roslins for applicability to broadening in Ukraine. Zagalnaya part.]. Vinnitsa, 119.

16. Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 36-40.

17. Bagatchenko, V.V., Zhemoyda, V.L., & Spriazhka, R.O. (2019). Formuvannia fraktsiinoho skladu ta posivnykh yakosti nasinnia batkivskykh komponentiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia [Formation of fractional composition and sowing quality of seeds, parental components of maize depending on density]. Plant and soil science, 11(1), 79-87.

ENVIRONMENTAL PLASTICITY AND STABILITY OF CORN HYBRIDS DURING SELECTION FOR GRAIN QUALITY

R. O. Spriazhka, V. L. Zhemoida

Abstract. Determination of ecological stability is an integral part of ecological variety testing of agricultural crops varieties and hybrids. Thanks to the obtained data, it is possible to draw conclusions about the endurance, adaptive potential and adaptability to growing conditions of new corn hybrids. Determination of the environmental conditions index, coefficients of ecological plasticity and stability provide a basis for recommending corn hybrids when grown in certain ecological-geographical and soil-climatic conditions.

Testing of experimental corn hybrids in 2021 was carried out in three locations: a separate subdivision of the National University of Life and Environmental Science of Ukraine "Agronomic Research Station" (Bilotserkivskyi district, Kyiv region); limited liability company "Agrofirma "Kolos" (Skyrsky district of the Kyiv region); National Center of Plant Genetic Resources of Ukraine (Kharkiv district, Kharkiv region). The research material was 8 experimental corn hybrids, the parent forms of which are inbred lines VK13, VK69 and AE801. The index of environmental conditions, coefficients of ecological plasticity and stability were calculated according to the Eberhart-Russell method.

The average yield of the studied hybrids in the conditions of the Agronomic Research Station of the NULES of Ukraine was 5.24 t/ha, in the conditions of the Agrofirma Kolos LLC – 6.04 t/ha, and in the conditions of the National Agricultural Research Service of Ukraine – 8.24 t/ha. It was established that the optimal conditions for the growth and development of corn plants in 2021 were in the experimental fields of the National Agricultural Research Service of Ukraine with an index of environmental conditions of 0.38.

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

The coefficient of ecological plasticity (linear regression), which determines the reaction of hybrids to the improvement of growing conditions, varied from 2.2 to 5.9. The best indicators of this coefficient were noted in hybrids AE801xVK13 and VK13xAK159.

The coefficient of ecological stability (root mean square deviation) was close to zero, which indicates the ability of experimental corn hybrids to form productivity regardless of environmental conditions. An exception is the VK69xUKHK667 hybrid with a coefficient (σd^2) of 1.85 – it needs optimal growing conditions to realize its yield potential.

Key words: corn, inbred line, hybrid, index of environmental conditions, plasticity, stability