

GGE BIPLLOT АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ ГЕНОТИП-СЕРЕДОВИЩЕ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Солонечний П. М., Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г., Важенина О. Є., Солонечна О. В.
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Дмитренко П. П.,

Донецька дослідна станція НААН

Коваленко О. Л.

Дослідна станція луб'яних культур ІСГПС НААН

У статті наведено переваги GGE biplot аналізу у порівнянні з найбільше поширеними методиками для візуалізації та інтерпретації результатів екологічного сортовипробування в 2013 р. за продуктивністю на прикладі семи сортів ячменю ярого. За результатами досліджень виділено генотипи G1 та G6, як найбільш продуктивні в умовах досліджених пунктів випробування. Встановлено, що генотипи G1, G3 та G6 є максимально наближеними до «ідеального» генотипу за продуктивністю та стабільністю. Визначено особливості пунктів випробування як тестерів для оцінки генотипів.

GGE biplot, ячмінь ярий, взаємодія генотип-середовище, екологічне сортовипробування, продуктивність, стабільність

Урожай кожного сорту в будь-якому середовищі являє собою суму ефекту зовнішнього середовища (environment main effect (E), ефекту генотипу (genotype main effect (G)) та взаємодії генотип-середовище (genotype x environment interaction (GE або GEI) [1]. Взаємодія генотип-середовище ускладнює селекційний процес за добором кращих генотипів. Тому для селекціонерів важливо виявляти конкретні генотипи, адаптовані до різних середовищ, шляхом скринінгу для добору адаптивних генотипів ще до виділення їх в якості сорту [2]. Численні методи було застосовано для аналізу взаємодії GE. Вони представляють три основні аналітичні категорії – одномірний параметричний аналіз GE, непараметричні методи та багатомірний підхід [3, 4].

К. R. Gabriel [5] розробив концепцію «biplot», яка одночасно відображає строки та стовбці матриці. Biplot являє собою точковий графік, який відображає двосторонню таблицю, що складається зі стовпців та рядків, що є факторами дослідження. Biplot одночасно візуалює всі можливі взаємозв'язки між стовпцями, рядками та їх взаємодію. З часу першої доповіді К. R. Gabriel у 1971 році biplots були використані у візуальному аналізі даних вченими різних спеціальностей – економіки, соціології, бізнесу, медицини, екології, генетики та агрономії [6]. Декілька версій цієї графічної багатомірної техніки знайшли широке застосування та були активно впроваджені селекціонерами для аналізу GE [7, 8].

У своїх роботах [8, 9] видатний вчений дослідник GE W. Yan відзначає дуже високий (до 80 % і вище) вплив середовища на варіабельність урожайності, однак ефекти G та GE мають бути обов'язково врахованими при оцінці генотипів. У зв'язку з цим, замість того, щоб намагатись розділити G та GE, W. Yan та ін. [10] запропонували об'єднати G та GE і назвали це об'єднання GGE. Результати екологічного сортовипробування (multi environment trials (MET) зазвичай мають дуже великий обсяг даних, тому відстежити якісь загальні закономірності без графічного представлення досить важко. GGE biplot аналіз є

ефективним інструментом для вирішення цієї проблеми. Він дозволяє візуалювати одержані дані шляхом побудови графіка залежності двох базових компонентів (PC1 та PC2) завдяки сингулярному розкладанню даних [11].

У наших попередніх дослідженнях [12, 13] для оцінки адаптивних особливостей сортів та диференціюючої здатності середовищ було використано найбільш поширені методи А. В. Кільчевського, В. В. Хангільдіна та S. A. Eberhart, W. A. Russel, проте використання даних методик передбачає великий обсяг розрахунків та не дозволяє графічно відобразити результати досліджень.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було встановлення переваг GGE biplot у порівнянні з найбільш поширеними методиками для аналізу мінливості продуктивності сортів ячменю ярого в різних середовищах.

Методика та вихідний матеріал, роки та умови проведення досліджень. Вихідним матеріалом для досліджень слугували сім сортів ячменю ярого селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН: Аграрій, Алегро, Вітраж, Модерн, Парнас, Козван, Етикет. З метою визначення їх адаптивного потенціалу було проведено екологічне випробування в трьох пунктах, що знаходились у різних ґрунтово-кліматичних умовах: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (Східний Лісостеп), Донецька дослідна станція НААН (Північний Степ) та Дослідна станція луб'яних культур Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН (Північно-Східний Лісостеп).

Статистичний аналіз. Базовою моделлю GGE biplot є:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum_{i=1}^k \lambda_l \xi_{il} \eta_{lj} + \varepsilon_{ij}$$

– де Y_{ij} = середня врожайність генотипу i ($i=1, 2, \dots, n$) в середовищі j ($j=1, 2, \dots, m$), μ = загальне середнє, β_j = основний ефект середовища j , $(\mu + \beta_j)$ = середня продуктивність середовища j , λ_l = сингулярна точка (singular value (SV) першого базового компонента (principal component (PC), квадрат якого – це сума квадратів виражена $PC_l(l=1, 2, \dots, k$ з $k \leq \min(m, n)$) та $k=2$ для двовимірного biplot), ξ_{il} = власний вектор генотипу i для PC_l , η_{lj} = власний вектор середовища j для PC_l , ε_{ij} = залишок, пов'язаний з генотипом i в середовищі j .

Для побудови biplot, який може бути використаний для візуального аналізу результатів MET, сингулярні точки (SV) повинні бути розподілені у власний вектор генотипу та середовища, так щоб модель (1) можна було записати у формі:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum_{i=1}^k g_{il} e_{lj} + \varepsilon_{ij}$$

– де g_{il} і e_{lj} є індексами PC_l для генотипу i та середовища j відповідно. На biplot генотип i відображається як точка, визначена всіма значеннями g_{il} , а середовище j зображується як точка, визначена всіма значеннями e_{lj} ($l=1$ та 2 для двовимірного biplot).

Усі biplot були побудовані з використанням beta-версії програми GGE biplot [14].

Результати та їх обговорення. У кожному з пунктів екологічного випробування виділилися за продуктивністю різні сорти ячменю, але середня продуктивність по всіх пунктах була найвищою у сортів Аграрій (2,5 г) та Козван (2,4 г) (табл. 1). Параметри продуктивності варіювали як від умов середовища (в залежності від зони вирощування), засвідчуючи вплив екологічного фактору генотип-середовище, так і в межах кожного середовища між генотипами, демонструючи генотипову залежність.

Проведений дисперсійний аналіз підтвердив наявність високих достовірних відмінностей між генотипами, середовищами та їх взаємодією (табл. 2), що дозволило нам продовжити аналіз з допомогою GGE biplot. Високі достовірні відмінності між пунктами випробування дозволили нам оцінити генотипи за один рік.

Таблиця 1

Продуктивність (маса зерна) рослини сортів ячменю ярого в екологічному випробуванні, г, 2013 р.

Сорт	Код сорту	Місце випробування (середовище), код середовища			
		ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН	Донецька ДС НААН	ДС луб'яних культур ІСПС НААН	Середнє по сорту
		E1	E2	E3	–
Аграрій	G1	1,3	2,7	3,4	2,5
Алегро	G2	1,4	2,0	2,0	1,8
Вітраж	G3	1,5	2,7	2,6	2,3
Парнас	G4	1,1	1,1	2,1	1,4
Етикет	G5	1,1	2,5	3,2	2,3
Козван	G6	2,0	2,5	2,6	2,4
Модерн	G7	1,5	1,3	2,8	1,9
Середнє по середовищу		1,41	2,11	2,67	2,07

Таблиця 2

Дисперсійний аналіз продуктивності рослин ячменю ярого, 2013 р.

Дисперсія	SS	df	MS	F _{факт.}	F ₀₁
Загальна	10,504	41	–	–	–
Середовище	5,678	2	2,839	411,14	5,78
Сорт	2,009	6	0,335	48,49	3,81
Взаємодія	2,672	12	0,223	32,25	3,17
Похибка	0,145	21	0,007	–	–

GGE biplot було побудовано з використанням перших двох базових компонентів (PC1 та PC2), одержаних шляхом обробки даних, центрованих по зовнішньому середовищу, методом сингулярного розкладання. Результати GGE biplot показали, що перші два базові компоненти (PC1 та PC2) разом пояснюють 88,2 % від загальної мінливості, викликану взаємодією GE. GGE biplot графічно відображає G плюс GE результатів екологічного сортовипробування таким чином, що візуальна оцінка сортів та ідентифікація «мега-середовищ» є дуже простою. В моделі зберігаються тільки два базові компоненти, так як така модель є кращою для виявлення закономірностей, вона дозволяє легко відобразити PC1 і PC2 на двовимірному biplot так, що взаємодія між кожним генотипом та кожним середовищем може бути візуальовано.

GGE biplot у вигляді багатокутника (рис. 1) є ефективним засобом візуалізації закономірностей взаємодії між генотипом та середовищем і інтерпретації biplot. Лінії, що розділяють biplot, утворюють сектори. Вершинами кутів багатокутника в наших дослідженнях стали генотипи G1, G6, G2, G4 та G5. Якщо до одного сектору разом з маркером середовища потрапляє генотип на вершині кута, то це означає, що у цьому середовищі саме у відповідного генотипу продуктивність (урожайність) була найвищою. Якщо всі маркери середовищ потрапляють в один сектор, то це означає що якийсь генотип був найбільш продуктивним (урожайним) в усіх середовищах. Якщо ж маркери середовищ потрапляють у різні сектори, то відповідні генотипи були найкращими у цих середовищах. Тобто G1 був найбільш продуктивним серед досліджених генотипів у середовищах E3 та E2, а генотип G6 – у E1.

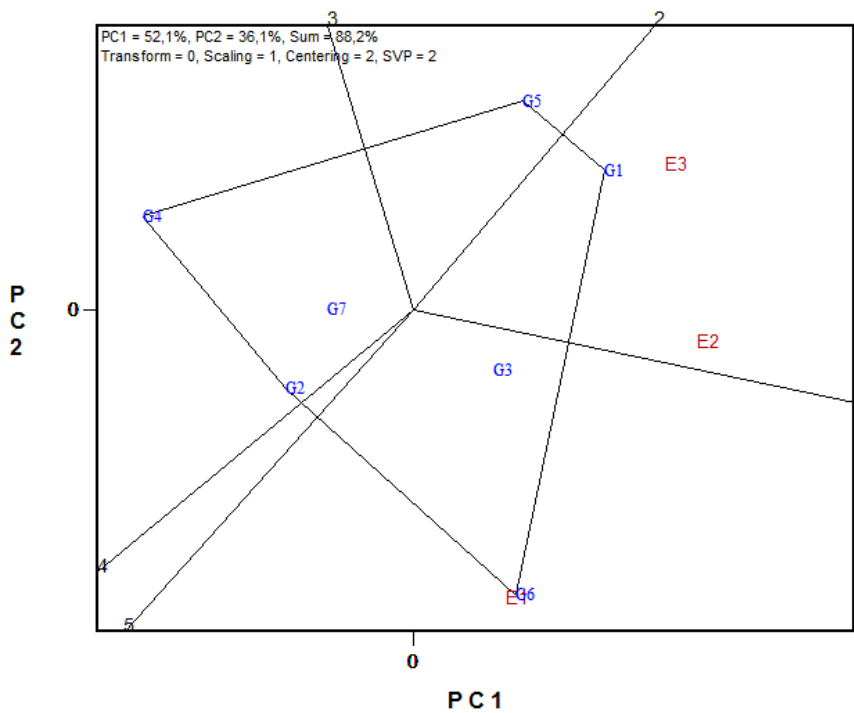


Рис. 1. Багатокутний вид GGE biplot, що базується на симетричному масштабуванні для закономірностей «який генотип де виграє» для генотипів і середовищ

Ідеальним генотипом є той, що має як високу середню продуктивність, так і високу стабільність. Центр концентричних кіл (рис. 2) являє собою положення ідеального генотипу, який визначається проекцією на середнє-середовищну вісь, що дорівнює найдовшому вектору генотипів з продуктивністю вище середньої, та за нульовою проекцією на перпендикулярну лінію (нульова варіабельність по всіх середовищах). Чим більше генотип наближений до ідеального, тим ціннішим він є. Хоча такий «ідеальний» генотип може і не існувати в природі, він може використовуватись як еталон для оцінки генотипів.

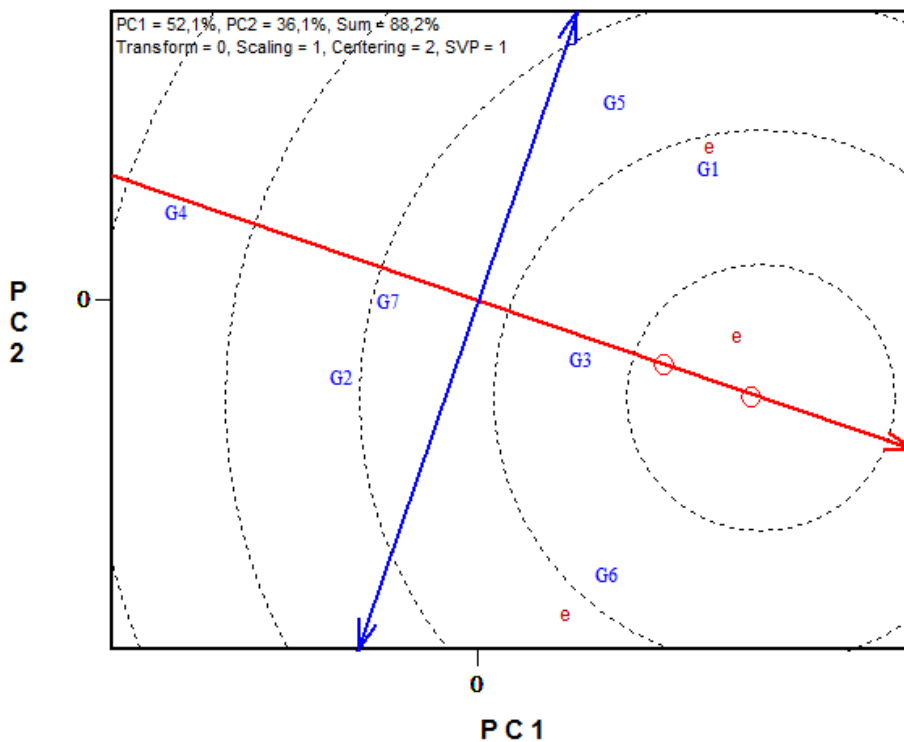


Рис. 2. GGE biplot, який базується на генотип-центрованому масштабуванні для порівняння генотипів з ідеальним

Оскільки одиниці виміру PC1 та PC2 для генотипів є оригінальними одиницями виміру продуктивності при масштабуванні центрованому по генотипу, одиниці виміру абсциси АЕС (average environment coordinate) (середня продуктивність) та ординати (стабільність) також повинні представляти оригінальні одиниці виміру врожайності (продуктивності). Одиниця відстані між генотипом та ідеальним генотипом також являє оригінальну одиницю виміру продуктивності. Таким чином, ранжування, яке базується на центрованому за генотипом масштабуванні, передбачає, що стабільність та середня врожайність (продуктивність) є однаково важливими. Отже, генотипи G1, G3 та G6, наближені до центру концентричних кіл, були ідеальними генотипами з точки зору більш високої продуктивності і стабільності в порівнянні з іншими генотипами. Окрім них, генотипи G5 та G7, локалізовані в наступному концентрованому колі, також можна розглядати як бажані генотипи.

GGE biplot «Mean vs. Stability» (рис. 3) застосовується для порівняльної оцінки генотипів, яка базується на їх середній продуктивності та стабільності в ряді середовищ. Середня координата середовища (average environment coordinate (АЕС) (вісь X), або лінія продуктивності, проходить через початок координат biplot зі стрілкою, що позначає позитивний її кінець і ранжує генотипи за їх продуктивністю. Вісь Y АЕС, або вісь стабільності, проходить через початок координат з подвійною стрілкою перпендикулярно вісі X АЕС. Середня продуктивність генотипів оцінюється за проекцією своїх маркерів на вісь X АЕС. Сорти G1, G3 та G6 мали найвищу середню продуктивність, а сорт G4 – найнижчу. За середньою продуктивністю сорти можна ранжувати в наступному порядку: G6>G1>G3>G5>G7>G2>G4. Продуктивність генотипів G6, G1 та G5 була найбільш варіабельною (найменш стабільною), тоді як генотип G3 характеризувався високою продуктивністю і стабільністю.

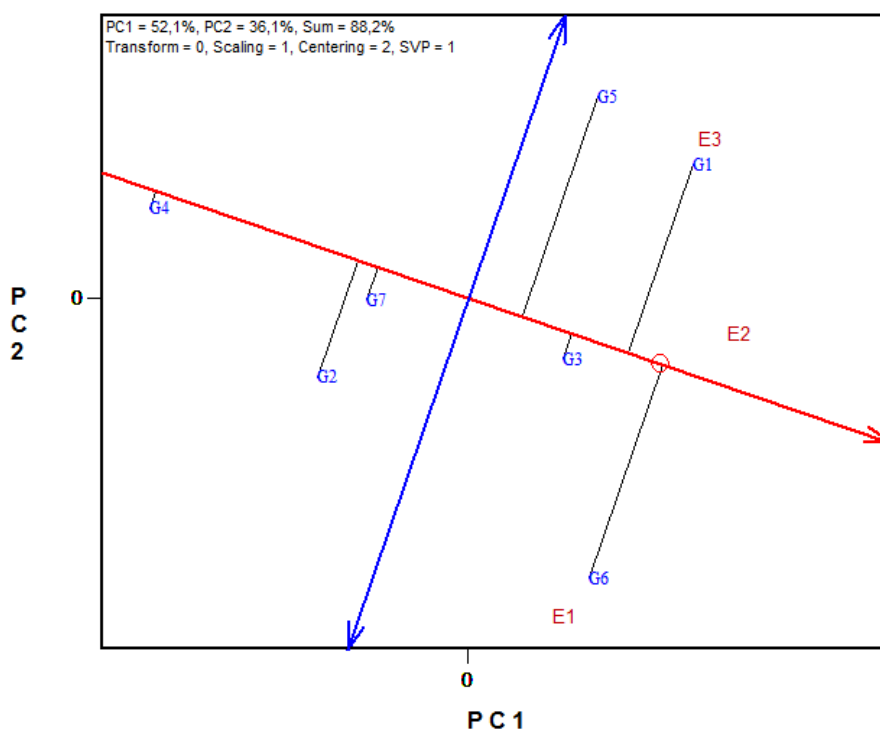


Рис 3. Вид середньої координати середовища (average environment coordination (АЕС) на GGE biplot, який базується на центрованому по середовищу масштабуванні, для середніх значень продуктивності і стабільності генотипів

GGE biplot аналіз використовується також для оцінки дискримінаційної та репрезентативної здатності середовища в якості тестеру для оцінки генотипів, які випробовують [15]. Метод визначення репрезентативності середовища GGE biplot має визначити середнє

середовище та використовувати його в якості еталона для критерія порівняння (рис. 4). Цей biplot базується на масштабуванні, центрованому по середовищу.

Тестові середовища з довгими векторами мають вищу дискримінаційну здатність. Якщо ж маркер тестового середовища наближений до центру biplot, тобто має короткий вектор, тоді усі генотипи в ньому близькі один до одного і середовище є не інформативним щодо їх диференціації.

Невеликий кут між вектором середовища та середньої координати середовища (АЕС) свідчить про наближення коефіцієнтів кореляції між значеннями генотипів у даному середовищі та загальним середнім по всіх середовищах

Завдяки цьому biplot тестові середовища можна поділити на три типи. Перший тип має короткі вектори і не дає достатньої інформації про генотипи (у наших дослідженнях такого середовища не виявлено). Другий тип має довгі вектори та малі кути з віссю абсцис АЕС і найкраще підходить для добору генотипів (середовище E2 відповідає цим вимогам). Третій тип має довгі вектори та великі кути з АЕС. Вони не можуть бути використані для добору кращих генотипів, проте є корисними для бракування за стабільністю (середовища E1 та E3). Корисні тестові середовища мають бути перевірені на «унікальність» оскільки такі середовища можуть давати інформацію про особливості генотипів, схожу з іншим середовищем (або кількома) і можуть бути відкинуті без великої шкоди для оцінки генотипів [8].

Ідеальним середовищем (яке на GGE biplot відмічене як маленьке коло зі стрілкою, що вказує на неї) є те, яке краще диференціює генотипи, але при цьому є репрезентативним по відношенню до інших тестових середовищ. Отже, в нашому дослідженні найбільш бажаним для тестування було середовище E2, за умови, що наведена на рис. 4 закономірність буде повторюватись кілька років.

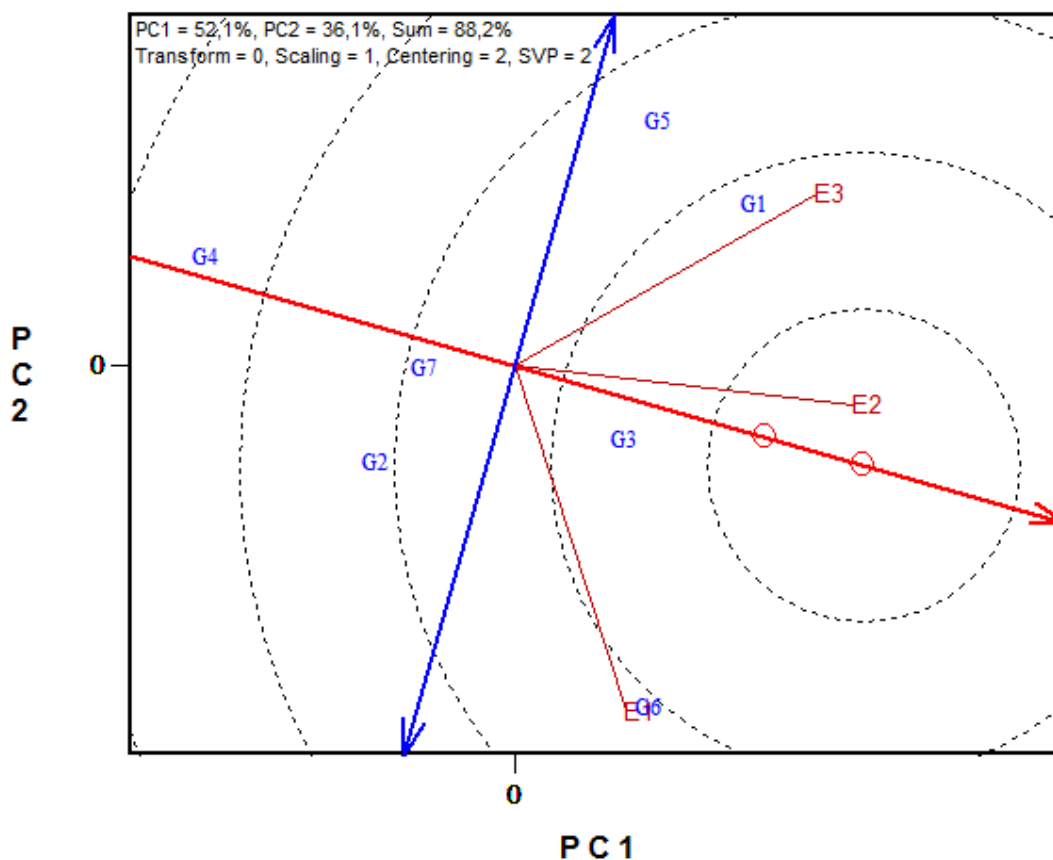


Рис. 4. GGE biplot дискримінаційної здатності та репрезентативності середовищ.

Висновки. Таким чином, показано переваги GGE biplot для візуалізації та аналізу результатів екологічного сорто випробування. За результатами досліджень виділено geno-

типи G1 та G6 як найбільш продуктивні для конкретних досліджених середовищ. Виділено генотипи G1, G3 та G6, які максимально наближені до «ідеального» генотипу за продуктивністю та стабільністю. Пункт випробування E2 визнано оптимальним для оцінки генотипів, а пункти E1 та E3 можуть бути використані для добору за стабільністю.

Список використаних джерел

1. Pourdad S. S. Study on seed yield stability of sunflower inbred lines through GGE biplot / S. S. Pourdad, M. J. Moghaddam // *Helia*. – 2013. – 36. – Nr. 58. – P. 19-28.
2. Hagos H. G. AMMI and GGE biplot analysis of bread wheat genotypes in the northern part of Ethiopia / H. G. Hagos, F. Abay // *J. Plant Breed. and Genet.* – 2013. – 01. – P.12-18.
3. Flores F. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze environments / F. Flores, M. T. Moreno, J. I. Cubero // *Field Crop Res.* – 1998. – 56. – 271-286.
4. GGE Biplot analysis of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes / E. Farshadfar, M. Rashidi, M. M. Jowkar, H. Zali // *European Journal of Experimental biology.* – 2013. – 3 (1). – P. 417-423.
5. Gabriel K. R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis / K. R. Gabriel // *Biometrika*. – 1971. – 58 (3). – P. 453-467.
6. Yan W. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications / W Yan, N. A. Tinker // *Can. J. Plant Sci.* – 2006. – 86. – P. 623–645.
7. Gauch H. G. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE / H. G. Gauch // *Crop Science*. – 2006. – 46. – P. 1488-1500.
8. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype – by- environment data / W. Yan, M. S. Kang, B. Ma, S. Woods, P. L. Cornelius // *Crop Science*. – 2007. – 47. – P. 643-655.
9. Yan W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data / W. Yan // *Agronomy Journal*. – 2002. – 94 – P. 990-996.
10. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot // W. Yan, L. A. Hunt, Q. Shen, Z. Szlavnic // *Crop Science*. – 2000. 40. – P. 597-605.
11. Yan W. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and Agronomists / W. Yan, M. S. Kang. – CRC press, Boca Raton, FL. – 2003.
12. Солонечний П. М. Гомеостатичність та селекційна цінність сучасних сортів ячменю ярого / П. М. Солонечний // *Селекція і насінництво*. – 2013. – Вип. 103. – С. 31-36.
13. Солонечний П. М. Стабільність елементів продуктивності сортів ячменю ярого в екологічному випробуванні / П. М. Солонечний, М. Р. Козаченко, Н. І. Васько, О. Г. Наумов, П. П. Дмитренко, О. Л. Коваленко // *Селекція і насінництво*. – 2014. – Вип. 105. – С. 194-203.
14. GGEbiplot [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу: www.ggebiplot.com.
15. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China / X. M. Fan, M. S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C XU // *Agronomy Journal*. – 2007. – 99. – P. 220-228.

References

1. Pourdad SS, Moghaddam MJ. Study on seed yield stability of sunflower inbred lines through GGE biplot. *Helia*. 2013; 36(58):19-28.
2. Hagos HG, Abay F. AMMI and GGE biplot analysis of bread wheat genotypes in the northern part of Ethiopia. *J. Plant Breed. and Genet.* 2013; 01:12-18.
3. Flores FA, Moreno M.T., Cubero JI. comparison of univariate and multivariate methods to analyze environments. *Field Crop Res.* 1998; 56:271-286.
4. Farshadfar E, Rashidi M, Jowkar MM, Zali H. GGE Biplot analysis of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes. *European Journal of Experimental biology.* 2013; 3(1):417-423.

5. Gabriel KR. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. 1971; 58(3):453-467.
6. Yan W, Tinker NA. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 2006; 86:623–645.
7. Gauch HG. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*. 2006; 46:1488-1500.
8. Yan W, Kang MS, Ma B, Woods S, Cornelius PL. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype – by- environment data. *Crop Science*. 2007; 47:643-655.
9. Yan W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*. 2002; 94:990-996.
10. Yan W, Hunt L, A., Shen Q, Szlavnic Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*. 2000; 40:597-605.
11. Yan W, Kang MS. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and Agronomists. CRC press : Boca Raton (FL). 2003.
12. Solonechnii PM. Homeostaticity and breeding value of current spring barley varieties. *Seleksia I nasinnitstvo*. 2013; 103:36–41.
13. Solonechnii PM. Stability of productivity elements in spring barley varieties under ecological testing conditions. *Seleksia I nasinnitstvo*. 2014; 105:194–203.
14. GGEbiplot [Internet]. 2011. Available from: <http://www.ggebiplot.com>.
15. Fan XM, Kang MS, Chen H, Zhang Y, Tan J, Xu C. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal*. 2007; 99:220-228.

GGE BIPLLOT АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОТИП-ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА СОРТОВ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО

Солонечный П. Н., Козаченко М. Р., Васько Н. И., Наумов А. Г., Важенина О. Е., Солонечная О. В.

Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН

Дмитренко П. П.

Донецкая опытная станция НААН

Коваленко А. Л.

Опытная станция лубяных культур ИСХСВ НААН

Цель. Показать преимущество GGE biplot анализа для визуализации и интерпретации результатов экологического сортоиспытания на примере испытания семи сортов ячменя ярового по продуктивности в 2013 году. Выделить генотипы с высокой продуктивностью и стабильностью.

Материалы и методы. В статье изложен GGE biplot анализ результатов экологического сортоиспытания в трех пунктах семи сортов ячменя ярового селекции Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН.

Результаты. Результаты GGE biplot анализа показали, что первые два базовых компонента (PC1 и PC2) определяют 88,2 % от общей вариабельности, вызванной взаимодействием генотип-окружающая среда. GGE biplot в виде многоугольника показал, что генотип G1 был наиболее продуктивным среди генотипов в пунктах E3 и E2, а генотип G6 – в пункте E2. Определено, что генотипы G1, G3 и G6 наиболее близки к «идеальному» генотипу по продуктивности и стабильности. По средней продуктивности сорта можно ранжировать в следующем порядке: G6>G1>G3>G5>G7>G2>G4. Продуктивность генотипов G6, G1 и G5 была наиболее вариабельной, а генотип G3 характеризовался высокой продуктивностью и стабильностью. Проведена оценка дискриминационной и репрезентативной способности пунктов экологического сортоиспытания в качестве тестера для оценки генотипов. Пункты E1 и E3 имели длинные векторы и большой угол наклона с абсциссой AEC, что свидетельствует о непригодности их в качестве тестеров для отбора лучших генотипов, но позволяет использовать в качестве тестеров для отбора по стабильности. Пункт E2 имел длинный вектор и маленький угол наклона с абсциссой AEC, что делает его оптимальным для оценки генотипов.

Выводы. Доказано преимущество использования GGE biplot анализа для визуализации и интерпретации результатов экологического сортоиспытания.

GGE biplot, ячмень яровой, взаимодействие генотип-среда, экологическое сортоиспытание, продуктивность, стабильность

GGE BIPLLOT ANALYSIS OF GENOTYPE × ENVIRONMENT INTERACTION IN SPRING BARLEY VARIETIES

Solonechnii P. M., Kozachenko M. R., Vasko N. I., Naumov O. G., Vazhenina J. E., Solonechna O. V.

Plant Production Institute nd. a V. Ya. Yuryev NAAS

Dmitrenko P. P.

Donetsk Experiment Station NAAS

Kovalenko A. L.

Research Station of Bast Crops of the Institute of Agriculture of North-East of NAAS

Purpose. To show advantages of GGE biplot analysis for visualization and interpretation of results of environmental variety trials as exemplified by testing seven varieties spring barley in terms of performance in 2013. To identify genotypes with high performance and stability.

Materials and Methods. The article describes GGE biplot analysis of the results of environmental variety trials of seven spring barley varieties bred at the Plant Production Institute nd. a V. Ya. Yuryev NAAS in three locations.

Results. The results of GGE biplot analysis showed that the first two basic components (PC1 and PC2) determined 88.2% of the total variability caused by genotype \times environment interaction. The polygon view of GGE biplot showed that genotype G1 was the most productive among genotypes in locations E3 and E2, and genotype G6 - in location E2. Genotypes G1, G3 and G6 were found to be the closest to the "ideal" genotype in terms of performance and stability. According to the average productivity varieties can be ranked in the following order: G6 > G1 > G3 > G5 > G7 > G2 > G4. The productivity of genotypes G6, G1 and G5 was the most variable, and genotype G3 was noticeable for its high performance and stability. Discriminatory and representative capacities of the environmental variety trial locations were estimated as a tester for assessing genotypes. Locations E1 and E3 had long vectors and a large inclination angle with the AEC abscissa, indicating their unsuitability as testers for selecting the best genotypes, but at the same time the applicability of their using as testers for selection for stability. Location E2 had a long vector and a small inclination angle with the abscissa AEC, which makes it optimal for estimating genotypes.

Conclusions. Benefits of using GGE biplot analysis for visualization and interpretation of results of environmental variety trials were proven.

GGE biplot, spring barley, genotype \times environment interaction, environmental variety trial, performance, stability