

УДК 633.853.52:631.527
DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-15

**АДАПТИВНА ЦІННІСТЬ
СОРТІВ СОЇ ЗА
ВИРОЩУВАННЯ У РІЗНОМУ
ЕКОГРАДІЄНТІ**

О.В. МАЗУР, канд. с.-г. наук,
доцент
О.В. МАЗУР, канд. с.-г. наук,
доцент
Вінницький національний аграрний
університет

Подальшому розширенню посівних площ сої і підвищенню рівня урожайності буде сприяти впровадження нових сучасних сортів, які обумовлюються більш високим потенціалом продуктивності та вищим рівнем стійкості до основних грибних та бактеріальних хвороб. Проте, рослини сої уражуються більш, як 50 хворобами. Відомо, що патогенні організми призводять до значних втрат врожаю сої (на 15-20%, а за епіфітотійного розвитку – на 50%).

Наведено результати досліджень оцінки сортів сої за адаптивністю (екологічною пластичністю і стабільністю) у різних ґрунтово-кліматичних умовах за стійкістю до хвороб (аскохітоз, жовта мозаїка). Проведено ранжування сортів сої за екологічною пластичністю і стабільністю відповідно до їх реакції на умови навколишнього середовища. Дослідження показали, що інтенсивність розвитку аскохітозу та жовтої мозаїки залежать не тільки від генетичних особливостей генотипів, а й від чинників, які пов'язані із зоною вирощування, особливо з гідротермічними та едафічними умовами регіону.

За стійкістю до ураження аскохітозом в умовах різних гідротермічних та едафічних умов виділилися сорти Оріана – 93,4% та Говерла – 93,2%, які відзначилися низькою реакцією на зміну гідротермічного режиму вирощування, коефіцієнт екологічної пластичності (b_i) < 1. Тобто ці сорти сої забезпечили високі показники стійкості до аскохітозу незважаючи на дефіцит чи достатню вологозабезпеченість у різному екоградієнті досліджень.

За стійкістю до жовтої мозаїки виділилися сорти: Говерла – 85,0%, Оріана – 84,9%, Амеліст – 83,0. Необхідно відмітити, що за параметрами екологічної пластичності і стабільності (адаптивності) перераховані сорти належать до генотипів із консервативною реакцією за зміну агрофону вирощування коефіцієнт екологічної пластичності (b_i) < 1.

Ключові слова: екологічна пластичність, адаптивність, екоградієнт, стабільність, умови середовища, гідротермічний режим, соя.

Табл. 2. Рис. 2. Літ. 8.

Постановка проблеми. Одним із головних завдань в екологічній селекції рослин є поєднання у сорті або гібриді високої потенційної продуктивності і стійкості до стресових факторів середовища. Вимога до вищевказаного поєднання не є випадковою. Експериментально доведено, що на даний час у масовому виробництві реалізується лише 30–40 %, а у кращому випадку 50–60 % потенційної продуктивності сортів. Основною причиною цього є їх недостатня екологічна стійкість. Отже, очевидним є той факт, що за нестабільних умов вирощування стійкість ліній, сортів і гібридів до абіотичних і біотичних стресів стає головним чинником біологізації і екологізації інтенсифікаційних процесів у рослинництві [1, 2].

Створення стійких сортів – найбільш ефективний засіб боротьби з хворобами рослин, в тому числі сої. Впровадження їх у виробництво усуває необхідність проведення заходів захисту рослин, на які витрачаються значні кошти, а головне – забезпечує вирощування екологічно чистої продукції та захист навколишнього середовища [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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 [4].

За сучасних умов антропогенного пресингу на біосферу та глобальних змін клімату, першочерговою проблемою теоретичної та експериментальної екології є пізнання механізмів функціональних взаємовідносин рослин із зовнішнім середовищем, що забезпечують їхній ріст, розвиток, репродукцію та поширення в різноманітних регіонах світу. Зміни клімату істотно впливають на умови існування біотопів, до яких рослини, що ведуть переважно нерухомий спосіб життя, повинні швидко адаптуватися. Вважається, що фенотипічна пластичність, тобто поява нових стабільних фенотипів шляхом епігенетичних модифікацій, є основою для виживання та збереження популяцій, а також одним з ключових елементів еволюції та екологічних взаємовідношень видів у біотопах [5, 8].

Метою досліджень є захист посівів сої від хвороб – одна з основних проблем у регіонах, де висівають сою. Впровадження у виробництво сортів, що мають високу польову стійкість до збудників, є основним резервом підвищення продуктивності цієї культури.

Методика проведення досліджень. Дослідження проводилися впродовж 2010-2021 рр., які були контрастними за гідротермічним режимом та у пунктах сортопробування, які розміщені у різних едафо-кліматичних провінціях України, що забезпечило вивчення реакцію сортів за градієнтом мінливості екологічних чинників. Ґрунтові відміни були представлені сірими лісовими ґрунтами у Вінницькій області, чорноземами опідзоленими у Полтавській області та чорноземами типовими у Київській області.

Об'єктом досліджень було взято сорти сої: Аметист, Говерла, Артеміда, Феміда, Золотиста, Вежа і Оріана, які внесено до Державного Реєстру сортів, придатних до поширення в Україні.

Розрахунок показників екологічної пластичності і стабільності за стійкістю до хвороб (аскохітоз і жовта мозаїка) проведено у відповідності методики Еберхарта й Рассела [6]. Він заснований на розрахунку двох параметрів: коефіцієнту екологічної пластичності або лінійної регресії (b_i) та дисперсії або варіанси стабільності (S_i^2). Перший вказує на відгук генотипу

за зміни умов вирощування, а другий характеризує стабільність сорту в різноманітних умовах середовища [6, 7].

Виклад основного матеріалу досліджень. У наших дослідженнях достовірна оцінка генотипу за екологічною пластичністю і стабільністю (адаптивністю) передбачає вивчення особливостей стійкісних показників до шкодочинних об'єктів (хвороб) за зміни абіотичних чинників впродовж вегетаційного періоду, при цьому ця важлива вимога підтвержується, так як встановлена значна різниця за гідротермічним коефіцієнтом. Інтенсивність розвитку аскохітозу та жовтої мозаїки залежать не тільки від генетичних особливостей сортів сої, а і від умов, які пов'язані із зоною вирощування, а саме із гідротермічними умовами.

Найнижчі показники ураження аскохітозом відмічено у посушливі 2015; 2019; 2020 роки, при цьому розвиток збудника цієї хвороби був мінімальним. Однак за посушливих умов відмічалось вище ураження жовтою мозаїкою унаслідок активізації віроморфних комах – попелиць. Найвищі показники гідротермічного коефіцієнту відмічено в умовах 2011; 2013; 2014; 2021 років, де ГТК= 1,39, 1,45, 1,2; 1,36, 1,09, 1,3; 1,57, 1,12, 1,2; 1,2, 1,5, 1,3, що позначилося на ступені ураження аскохітозом, який був вищим у роки із значним вологозабезпеченням, а саме у вказані вегетаційні періоди

Результати аналізу гідротермічних умов, які склалися впродовж досліджень відобразилися у формуванні істотних показників впливу середніх квадратів генотипу (за критерієм Фішера), умов року та їх взаємодії, у варіансі двофакторного дисперсійного аналізу результатів стійкості сортів до аскохітозу (табл. 1).

За стійкістю до ураження аскохітозом виділилися сорти Оріана – 93,4% та Говерла – 93,2%, які відзначилися низькою реакцією на зміну гідротермічного режиму вирощування, коефіцієнт екологічної пластичності (b_i) < 1. Тобто ці сорти сої забезпечили високі показники стійкості до аскохітозу незважаючи на дефіцит чи достатню вологозабезпеченість у різному екоградієнті досліджень. Ці ж сорти забезпечили найвищі показники агрономічної стабільності (A_s) – 97,6 та 97,2 % та найнижчий серед представлених сортів коефіцієнт варіації (V , %) – 2,4 та 2,8%. Подібні показники, також забезпечив сорт сої Артеміда, у якого коефіцієнт агрономічної стабільності склав 97,2%, а коефіцієнт варіації 2,8%. Одним із важливих показників стійкості до несприятливих умов середовища є гомеостатичність, який забезпечує зменшення наслідків впливу несприятливих біотичних та абіотичних екологічних чинників. Високу гомеостатичність (H_{om}) відмічено, саме у сортів сої Говерла – 38,7, Оріана – 33,5 і Артеміда – 31,4. Вищу реакцією на покращення гідротермічного режиму відмічено у сорту Артеміда, коефіцієнт екологічної пластичності (b_i) якого склав 1, а стійкість до аскохітозу – 87,4%. Порівняно високі показники варіанси стабільності (S_i^2), яка характеризує стабільність його ознак у визначеному діапазоні середовищних ситуацій або відхилення від напрямку коефіцієнта екологічної пластичності – максимально

Таблиця 1

Екологічна пластичність і стабільність сортів сої за стійкістю до ураження аскохітозом, % (2010-2021 рр).

Сорт	Стійкість до аскохітозу, %	Коефіцієнт			Варіанса стабільності (S_i^2)	Ном-гомеостатичність	Компоненти	
	Рік, умови вирощування	Пластичності (bi)	Агрномічної стабільності (As), %	Варіації (V), %		Ном	a_i	λ_i
Аметист	90,4	0,99	96,5	3,5	5,1	26	0,015	0,41
Говерла	93,2	0,86	97,6	2,4	1,4	38,7	-0,04	0,08
Ареміда	87,4	1,0	97,2	2,8	0,6	31,4	0,033	0,06
Феміда	84,7	1,1	96,8	3,2	1,0	26,6	0,07	0,1
Золотиста	89,0	1,1	96,9	3,1	1,9	28,9	0,047	0,16
Вежа	89,7	1,1	96,7	3,3	3,2	27,4	0,039	0,26
Оріана	93,4	0,8	97,2	2,8	3,5	33,5	-0,05	0,29
Фактор	F ф	F т						
Сорт	909,7	2,19						
Умови	272,3	1,54						
Взаємодія Сортх умови	15,4	1,39						

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

наближена до 0. Сорт Аметист, як і сорт Артеміда характеризувався вищою екологічною пластичністю (bi) – 1,0 тобто сорт добре реагує на покращення агрофону вирощування. Найвищою реакцією на покращення умов навколишнього середовища відзначилися сорти Феміда, Золотиста і Вежа у яких коефіцієнти екологічної пластичності (bi) > 1. Стійкість до аскохітозу – 84,7, 89,0 та 89,7%. Коефіцієнти агрономічної стабільності (As) – 96,7-96,9%, а коефіцієнт варіації (V%) – 3,1-3,3 %.

Повний аналіз оцінки екологічної пластичності і стабільності генотипів сої [6] (рис. 1) засвідчив, що сорти першої (I) зони відносяться до генотипів з високим відкликом на зміну умов вирощування. Тобто, сорти Феміда і Золотиста і Вежа слід рекомендувати для вирощування в умовах високої культури землеробства. Проте, на низькому агрофоні показники стійкості до аскохітозу цих сортів знижуються. Екологічна пластичність сортів, розміщених координатно у другій (II) зоні, знаходиться на рівні середньої пластичності, до

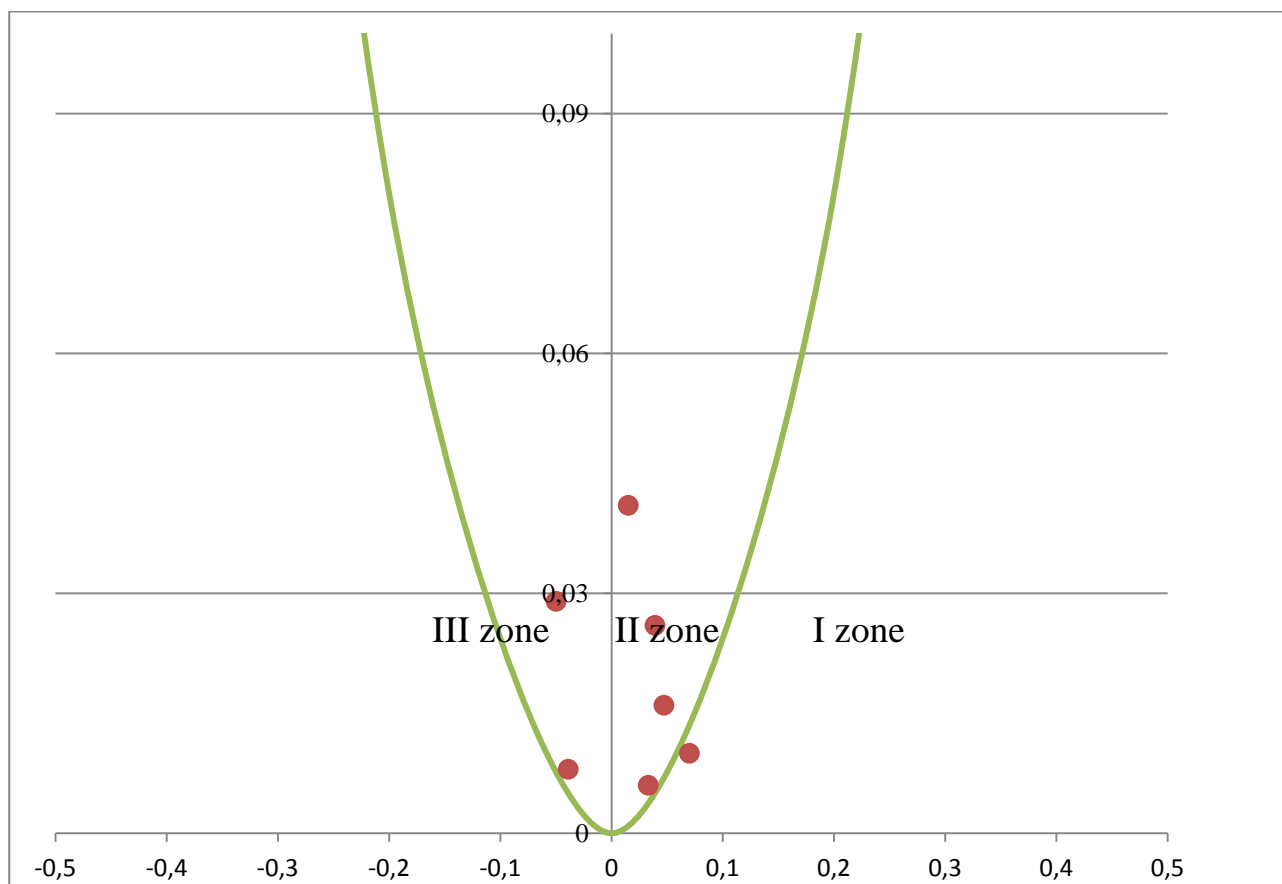


Рис. 1. Розподіл сортів сої на класи за пластичністю (a_i) і стабільністю (λ) стійкості до аскохітозу

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

них віднесли сорти Аметист і Артеміда. На противагу їм, сорти, координати яких розміщені в третій (III) зоні, насамперед Оріана і Говерла є більш консервативними за реакцією на зміну умов середовища.

До першого рангу належать сорти Говерла і Оріана, до третього рангу Артеміда, до четвертого рангу – Аметист, до шостого рангу – Феміда, Золотиста і Вежа.

Проведений двофакторний дисперсійний аналіз дозволив встановити істотність (за критерієм Фішера) за середніми квадратами впливу генотипу, едафо-кліматичних умов та їх взаємодії в окремій варіансі статистичної обробки стійкості до жовтої мозаїки (Табл. 2), що дозволило провести оцінку генотипів у різних ґрунтово-кліматичних умов за показниками екологічної пластичності і стабільності (адаптивності).

За стійкістю до жовтої мозаїки виділилися сорти: Говерла – 85,0, Оріана – 84,9%, Аметист – 83,0%. Необхідно відмітити, що за параметрами екологічної пластичності і стабільності (адаптивності) перераховані сорти належать до генотипів із консервативною реакцією за зміну агрофону вирощування коефіцієнт екологічної пластичності $(b_i) < 1$. Вказані сорти забезпечили

найвищі показники агрономічної стабільності (A_s) від 95,0 до 95,8% та найменші екологічні коефіцієнти варіації (V %) від 4,2 до 5,0%.

Крім того, у цих сортів відмічено найвищі показники гомеостатичності (H_{om}) від 16,7 до 20,2%, а за показниками варіанси стабільності (Si^2)

Таблиця 2

Екологічна пластичність і стабільність сортів сої за стійкістю до ураження жовтої мозаїки, % (2010-2021 рр).

Сорт	Стійкість до жовтої мозаїки, %	Коефіцієнт			Варіанса стабільності (Si^2)	Ном-гомеостатичність	Компоненти	
		Рік, умови вирощування	Пластичності (bi)	Агрономічної стабільності (As), %			Варіації (V), %	Ном
Аметист	83,0	0,97	95,0	5,0	0,6	16,7	0,03	0,09
Говерла	85,0	0,84	95,8	4,2	0,8	20,2	-0,165	0,1
Ареміда	81,7	1,2	93,8	6,2	0,3	13,3	0,037	0,03
Феміда	75,4	1,2	93,4	6,6	0,9	11,9	0,34	0,13
Золотиста	81,8	1,0	95,1	4,9	0,3	16,7	0,008	0,07
Вежа	82,8	0,9	95,0	5,0	1,9	16,6	-0,025	0,2
Оріана	84,9	0,9	95,5	4,5	0,8	18,8	-0,073	0,12
Фактор	F ф	F т						
Сорт	927,6	2,19						
Умови	281,5	1,54						
Взаємодія Сортх умови	17,2	1,39						

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

перераховані генотипи належать до стабільних, так як варіанса стабільності максимально наближена до 0.

Повний аналіз оцінки екологічної пластичності і стабільності генотипів сої за стійкістю до жовтої мозаїки, у графічному виразі (рис. 2) засвідчив, що сорти першої (I) зони відносяться до генотипів з високим відкликом на зміну умов вирощування, а саме сорти Артеміда і Феміда. Тобто, ці сорти слід рекомендувати для вирощування в сприятливих за гідротермічним режимом умовах вирощування. Проте, за несприятливих умов вирощування, вони значно уражуються жовтою мозаїкою. Екологічна пластичність сортів, розміщених координатно у другій (II) зоні, знаходиться на рівні середньої пластичності,

характерної для сортів сої Аметист і Золотиста. На противагу їм, сорти, координати яких розміщені у третій (III) зоні, є більш консервативними за реакцією на зміну умов середовища. До них віднесли сорти Говерла, Оріана і Вежа.

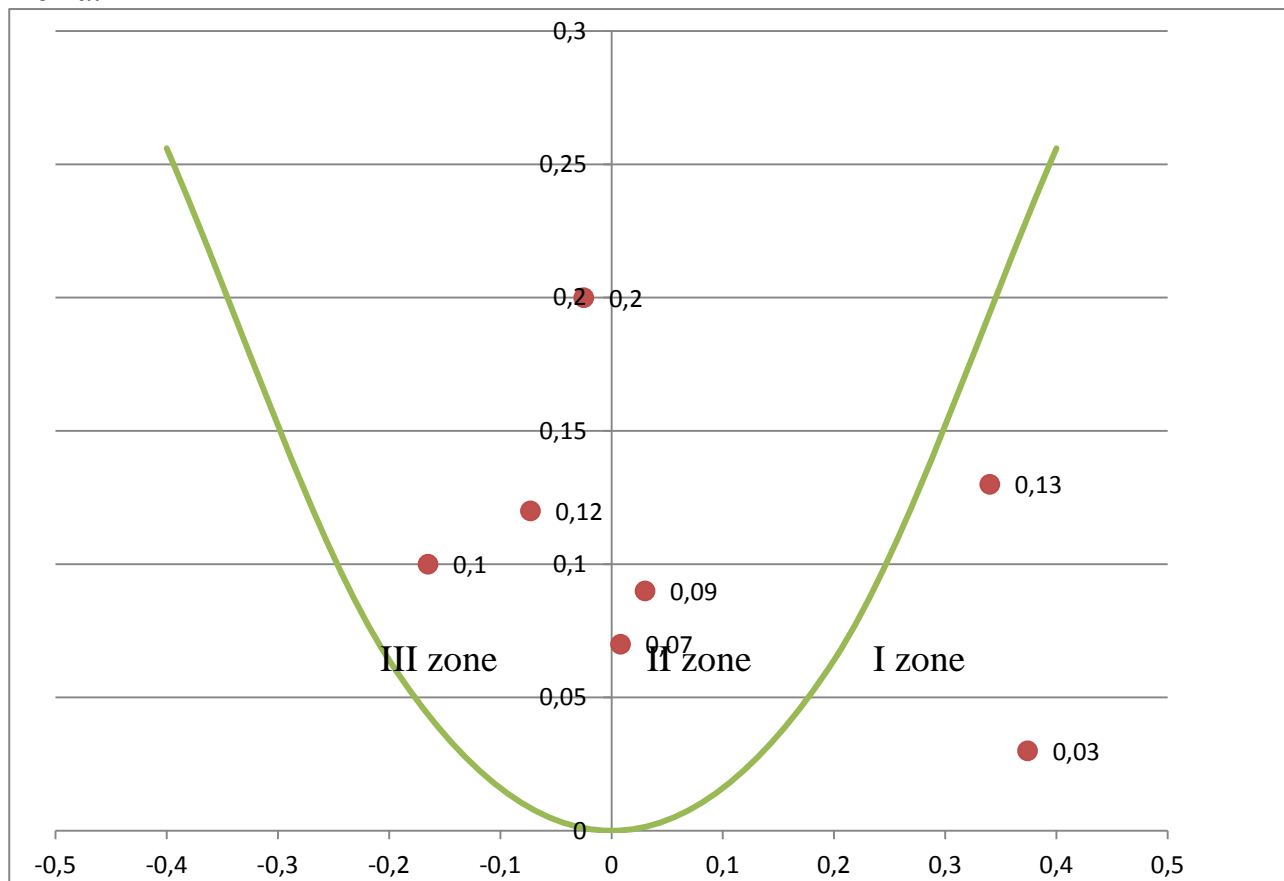


Рис. 2 Розподіл сортів сої на класи за пластичністю (ai) і стабільністю (λ) стійкості до вірусної мозаїки

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Отже, відповідно до вище наведеного групування до першого рангу належать сорти Вежа, до другого рангу Говерла, Оріана і Аметист, до третього рангу Золотиста, до шостого рангу – Феміда.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Найвищою цінністю для вирощування у різних гідротермічних та едафічних умов є сорти, які проявили максимальні показники стійкісних характеристик до аскохітозу і жовтої мозаїки.

За стійкістю до ураження аскохітозом в різних гідротермічних та едафічних умов виділилися сорти Оріана – 93,4% та Говерла – 93,2%, які відзначилися низькою реакцією на зміну гідротермічного режиму вирощування, коефіцієнт екологічної пластичності (b_i) < 1. Тобто, ці сорти сої забезпечили високі показники стійкості до аскохітозу незважаючи на дефіцит чи достатню вологозабезпеченість у різному екоградієнті досліджень. За стійкістю до жовтої мозаїки виділилися сорти: Говерла – 85,0, Оріана –

84,9%, Аметист – 83,0%. Необхідно відмітити, що за параметрами екологічної пластичності і стабільності (адаптивності) перераховані сорти належать до генотипів із консервативною реакцією за зміну агрофону вирощування коефіцієнт екологічної пластичності $(b_i) < 1$. Вказані сорти забезпечили найвищі показники агрономічної стабільності (As) від 95,0 до 95,8% та найменші екологічні коефіцієнти варіації (V %) від 4,2 до 5,0%.

Список використаних джерел

1. Zhuchenko, A.A. (2001). *Adaptivnaya sistema selektsii rasteniy (ekologo-geneticheskiye osnovy)* [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis)]. Moscow: Agrorus. Vol. 1–2, 1488 p. [in English].
2. Lachmann M., Jablonka E. 1996. The inheritance of phenotypes: an adaptation to fluctuating environments. *Journal of Theoretical Biology*, 181: 1–9. [in English].
3. Brautigam K., Vining K.J., Lafon-Placette C., Fossdal C.G., Mirouze M., Marcos J.G., Fluch S., Fraga M.F., Guevara A., Abarca D., Johnsen ., Maury S., Strauss S.H., Campbell M.M., Rohde A., Diaz-Sala C., Cervera M.-T. 2013. Epigenetic regulation of adaptive responses of forest tree species to the environment. *Ecology and Evolution*, 3(2): 399–415. <https://doi.org/10.1002/ece3.461>. [in English].
4. Meyer P. 2015. Epigenetic variation and environmental change. *Journal of Experimental Botany*, 66: 3541–3548. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru502>; Ashapkin V.V., Kutueva L.I., Vaniushin B.F. 2016. Epigenetic variability in plants: heritability, adaptability, evolutionary value. *Russian Journal of Plant Physiology*, 63(2): 191–204. [in English].
5. Peng H., Zhang J. 2009. Plant genomic DNA methylation in response to stresses: potential applications and challenges in plant breeding. *Progress in Natural Science*, 19: 1037–1045. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.10.014>; [in English].
6. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. V. 6, №1. – P. 36–40. DOI:10.2135/cropsci.1966.0011183X000600010011x [in English].
7. George C.C. Tai, 1971. Genotypic stability analysis and its applikcation to potato regional trials. *Crop. Sci.* 11(2): 184–185. DOI.10.2135/cropsci1971.0011183X 001100020006x. [in English].
8. Biliavska, L., Biliavskiy, Y., Mazur, O., & Mazur O. 2021. Adaptability and breeding value of soybean varieties of Poltava breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(2):312–322 [in English].

ANNOTATION

ADAPTIVE VALUE OF SOYBEAN VARIETIES GROWN IN DIFFERENT ECOGRADIENTS

The further expansion of soybean acreage and increase in productivity will be facilitated by the introduction of new modern varieties, which are determined by higher productivity potential and a higher level of resistance to the main fungal and bacterial diseases. However, soybean plants are affected by more than 50 diseases. It is known that pathogenic organisms lead to significant losses of the soybean crop (by 15-20%, and by epiphytotic development – by 50%).

The results of studies on the assessment of soybean varieties for adaptability (ecological plasticity and stability) in different soil and climatic conditions for resistance to diseases (ascochytosis, yellow mosaic) are presented. Soybean varieties were ranked according to ecological plasticity and stability according to their response to environmental conditions. Our studies have shown that the intensity of the development of ascochytosis and yellow mosaic depends not only on the genetic characteristics of the genotypes, but also on factors related to the growing area, especially the hydrothermal and edaphic conditions of the region.

The varieties Oriana – 93.4% and Hoverla – 93.2% stood out for their resistance to ascochytosis damage under different hydrothermal and edaphic conditions, which were characterized by a low reaction to a change in the hydrothermal growing regime, the coefficient of ecological plasticity (b_i) < 1. That is, these varieties soybeans provided high indicators of resistance to ascochytosis despite a deficit or sufficient moisture supply in different ecogradient studies.

The following varieties stood out for resistance to yellow mosaic: Hoverla – 85.0%, Oriana – 84.9%, Amethyst – 83.0. It should be noted that according to the parameters of ecological plasticity and stability (adaptability), the listed varieties belong to genotypes with a conservative reaction to changes in the agro-environment of cultivation, the coefficient of ecological plasticity (b_i) < 1.

Key words: *ecological plasticity, adaptability, ecogradient, stability, environmental conditions, hydrothermal mode, soybean.*

Table 2. Fig. 2. Lit. 8.

Інформація про авторів

Мазур Олександр Васильович – кандидат с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3).

Мазур Олена Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3).

Mazur Oleksandr Vasyliovych – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Production, Selection and Bioenergetic Cultures, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str., 3 e-mail: selection@vsau.vin.ua).

Mazur Olena Vasylivna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of botany, genetics and plant protection, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3).