

БУШУЛЯН О.В.<sup>✉</sup>, СТЕЛЬМАХ А.Ф., ЛАМАРІ Н.П., ФАЙТ В.І.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3

✉ bushulyan@ukr.net, (050) 766-47-22, (096) 575-05-01

### ГЕНОТИПОВА РЕАКЦІЯ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ УРОЖАЮ СОРТІВ НУТУ (*CICER ARIETINUM* L.) ЗА РОКАМИ ВИПРОБУВАННЯ

**Мета.** Рослини внаслідок жорсткого прикріплення до місця життя та відсутності системи внутрішньої терморегуляції істотно залежать від різноманітних лімітів середовища. Загальна адаптивність конкретного зразка у рослин грає домінуючу роль у визначенні реального урожаю у порівнянні з його генетичним потенціалом. **Методи.** Найбільш універсальним підходом для визначення цього показника є використання широко поширеного методу оцінки параметрів стабільності за Еберхартом і Расселом, який використовує інтегральну оцінку рівня врожайності середовища, до певної міри враховуючи взаємодію «генотип × умови». Ми оцінили і порівняли за цими параметрами урожайність 13 сортів нуту за 14 сезонів. **Результати.** Результати двофакторного дисперсійного аналізу показали безумовно високий достовірний вплив різноманітності умов років випробування на відмінності за урожаем. **Висновки.** У випадку сприятливого прогнозу щодо погодних умов бажано рекомендувати для виробництва перспективні сорти для кращих умов, а за очікування сильних стресових лімітів у вигіднішому становищі опиняться сорти, що виявляють більший урожай за гірших умов. Аналогічні рекомендації торкаються і господарств із різним рівнем агротехніки.

**Ключові слова:** реакція сортів, продуктивність, стабільність, нут.

Рослинному селекційно-генетичному об'єкту за полігенними господарськими ознаками властиві такі специфічні особливості, як конкурентні взаємовідношення у фітоценозах, здатні понизити експресію будь-якого структурного гена в 50–100 разів [1]. Передусім це конкуренція за елементи живлення за різною густиною і конкуренція за світло. А постійне і жорстке прикріплення рослин до місця життя внаслідок відсутності у них систем внутрішньої терморегуляції призводить до істотної залежності процесів їх росту і розвитку від коливань

температури та інших лімітів середовища. Отже, загальна адаптивність конкретного зразка у рослин грає пріоритетну роль у визначенні реального урожаю у порівнянні з його генетичним потенціалом: модифікаційне і епігенетичне варіювання в рослинних популяціях досягає величин 85–90, а генотипова різноманітність складає лише 10–15 [2]. І кінцева інтегруюча ознака урожаю за законом мінімуму Лібіха (бочка Лібіха) визначається передусім лімітуючими чинниками умов, що виражається здатністю протистояти або швидко відходити після стресових дій, окрім інших агротехнічних лімітів середовища [3]. Головною перешкодою для вичленення ролі «кращого генотипу» із загального варіювання фенотипів є неоднакова реакція генотипів на різноманітність у просторі (за місцем) і в часі (за роками) лімітуючих чинників [4].

#### Матеріали і методи

Із таких позицій виникає закономірне питання: чи виявить створений новий сорт свої переваги в інших ґрунтово-кліматичних умовах зони (пункту) і за років випробувань із додатковими лімітами агротехніки (рівня господарювання). Прийнята в Україні методика сортовипробування і внесення до Держресстру нових сортів у повному обсязі відповідає на це питання, ґрунтуючись головним чином на методиці дисперсійного аналізу і часткового порівняння взаємодії «сорт × зони» [5]. У якійсь мірі допомогти відповісти на це питання може (на жаль, забута в Україні) методика порівняння параметрів екологічної пластичності і стабільності конкретних зразків, оцінювальна міра реакції конкретних генотипів на усереднене поліпшення або погіршення умов за роками і місцевостями.

Поняття «стабільність» і «пластичність» у вітчизняній і зарубіжній літературі трактуються по-різному, що утруднює оцінку цих параметрів і їх використання за відбору [6]: зазвичай пластичність визначається як властивість генотипу змінювати значення ознак в інших умовах сере-

© БУШУЛЯН О.В., СТЕЛЬМАХ А.Ф., ЛАМАРІ Н.П., ФАЙТ В.І.

довища, а стабільність – як відсутність пластичності (постійність величини ознаки в різних умовах). Селекціонери ж, як правило, пластичність розуміють як здатність давати високий і стійкий урожай у різних умовах зростання. Одна з причин цих розбіжностей полягає в існуванні різних методів оцінки пов'язаних з ними параметрів і різних їх селекційних інтерпретацій. Найбільш універсальним підходом є використання методу оцінки параметрів стабільності за Еберхартом і Расселом [7], він широко поширений і використовує інтегральну оцінку рівня врожайності середовища, до певної міри враховуючи взаємодію «генотип × умови» [8].

Цим методом оцінюється коефіцієнт лінійної регресії  $b_i$ , який відображає середню міру реакції  $i$ -ного сорту на поліпшення або погіршення умов у порівнянні з середнім урожаєм усіх зразків в усіх умовах випробування: він виражається в тих же величинах виміру. А дисперсія відхилень фактичних урожаїв від розрахункової лінії регресії  $\sigma^2 d_i$  характеризує стабільність цієї реакції в різних умовах.

Для прикладу спробуємо оцінити і порівняти ці параметри за результатами випробування врожайності 13 сортів нуту впродовж 14 сезонів (2004–2017 років) на полях Селекційно-генетичного інституту в умовах Півдня України. Початкова матриця даних включала  $13 \times 14 = 182$  величини урожаїв із загальним розмахом варіювання від 3,3 до 24,3 ц/га, причому середні урожаї конкретних сортів за усі роки мали ліміти 12,0–14,7 ц/га, а середні урожаї усіх сортів у конкретні роки коливалися в межах 6,0–18,8 ц/га. Вже візуально з цих цифр можна бачити, що відмінності урожаїв у різні роки істотно перевершували такі між сортами.

### Результати та обговорення

Результати двофакторного дисперсійного аналізу показали беззаперечно високий достовірний вплив різноманітності умов років випробування на відмінності за урожаєм, а ось середні відмінності урожаїв між сортами виявилися несуттєвими (менш величини  $НСР_{0,05} = 2,8$ ). Їх дисперсія знаходилася в межах дисперсії за чинником взаємодії «сорт × рік», яка, у свою чергу, достовірно перевищувала дисперсію випадкового варіювання, позначаючи, що лише в окремі роки сорти розрізнялися між собою, а конкретний сорт неоднаково реагував на відмінності років оцінки. Охарактеризувати особливості таких реакцій до певної міри дозволя-

ють величини параметрів стабільності (табл.).

Відмітимо, що в таблиці усі лінійні параметри виражені в одиницях виміру самої ознаки (ц/га), коефіцієнт регресії  $b$  показує, на яку величину змінюється ознака конкретного сорту за середнього поліпшення або погіршення умов за роки випробування на 1 ц/га, а постійний коефіцієнт  $a$  в рівнянні регресії конкретного сорту свідчить про те, наскільки вище або нижче знаходиться точка від середнього на графіку його лінії регресії, кут нахилу якого і визначається величиною  $b$ .

Усі величини коефіцієнтів регресії  $b$  виявилися достовірними, причому сорт Пегас найбільш інтенсивно реагував на зміну умов, а найбільш слабку реакцію виявив сорт Пам'ять. Виявлена міра реакції сортів, судячи з величини  $\sigma^2$ , є найбільш стабільною у сорту Красноградський 213, а найсуттєвіше варіювала у сорту Буджак. Водночас середній урожай мав максимальні тенденції у Краснокутського 123 і мінімальні в Антея, а лінія регресії на графіку, судячи за величиною  $a$ , має бути максимально підведена у сорту Пам'ять і максимально опущена у сорту Буджак.

Для візуальної оцінки отриманих даних на графіку наведемо лінії регресії вказаних сортів із максимальними і мінімальними величинами оцінених параметрів, не захаращуючи графік показниками інших сортів, оскільки їх лінії регресії виявляються лише в межах варіації таких для цих сортів (рис.). Як і слід було чекати з результатів дисперсійного аналізу, мінімальні відмінності між сортами проявляються за середнього потенціалу умов, і жоден із сортів не виявляє явної переваги. У кращі роки серед лідерів виявляються сорти Пегас і Краснокутський 123, а ось в екстремальні за умовами роки явну перевагу мають сорти Пам'ять і Красноградський 213 (ці відмінності вищі  $НСР_{0,05} = 2,8$ ). Причому сорти Антей і Буджак у будь-яких умовах не претендують на лідерство (чи внаслідок меншої адаптивності або ж через дещо менший потенціал), а сорт Краснокутський 123 у будь-яких умовах досить стабільно наближається до лідерів, проявляючи найбільшу в середньому адаптивність.

Сорти Краснокутський 123 і Пегас відносяться до типу *desi*, найбільш толерантного до захворювань, причому перший сорт формує досить пристойний урожай за рахунок тривалого цвітіння і формування більшої кількості насіння (хоча і дрібного). Сорти Антей і Буджак

виявляють найменшу стійкість до захворювань у період цвітіння. І саме в «найгірший» за урожаєм у середньому 2007 рік, як і 2009, основна частина опадів (хоча і нерясних) випала у найуразливішу за розвитком захворювань фазу – початок цвітіння. А в «найкращому» (2008 рік)

тривалих періодів із підвищеною відносною вологістю не спостерігали, що і не призвело до значної епіфітотії. Усе це швидше за все свідчить про основний лімітуючий чинник адаптивності сортів нуту за толерантністю до захворювань.

Таблиця. Параметри стабільності урожаю сортів нуту за 14 років випробування (ц/га)

Сорт	$\bar{x}$	$a$	$b \pm S_b$	$\sigma^2$
Розанна	13,3	-0,44	1,02±0,29	2,19
Антей	12,0	-0,43	0,92±0,31	8,47
Пам'ять	14,2	2,71	0,85±0,25	2,80
Тріумф	12,6	-0,73	0,99±0,34	12,50
Краснокутський 123	14,7	0,32	1,07±0,31	4,25
Красноградський 213	13,7	1,58	0,90±0,25	1,42
Орнамент	13,0	-0,05	0,97±0,28	3,33
Тарас Бульба	12,4	0,46	0,89±0,28	5,54
Буджак	12,0	-3,00	1,11±0,38	13,33
Александрит	14,6	0,94	1,02±0,31	5,44
Пегас	14,6	-2,20	1,24±0,36	5,53
Одисей	13,8	-0,53	1,06±0,34	7,89
Ярина	14,3	1,15	0,98±0,27	1,56

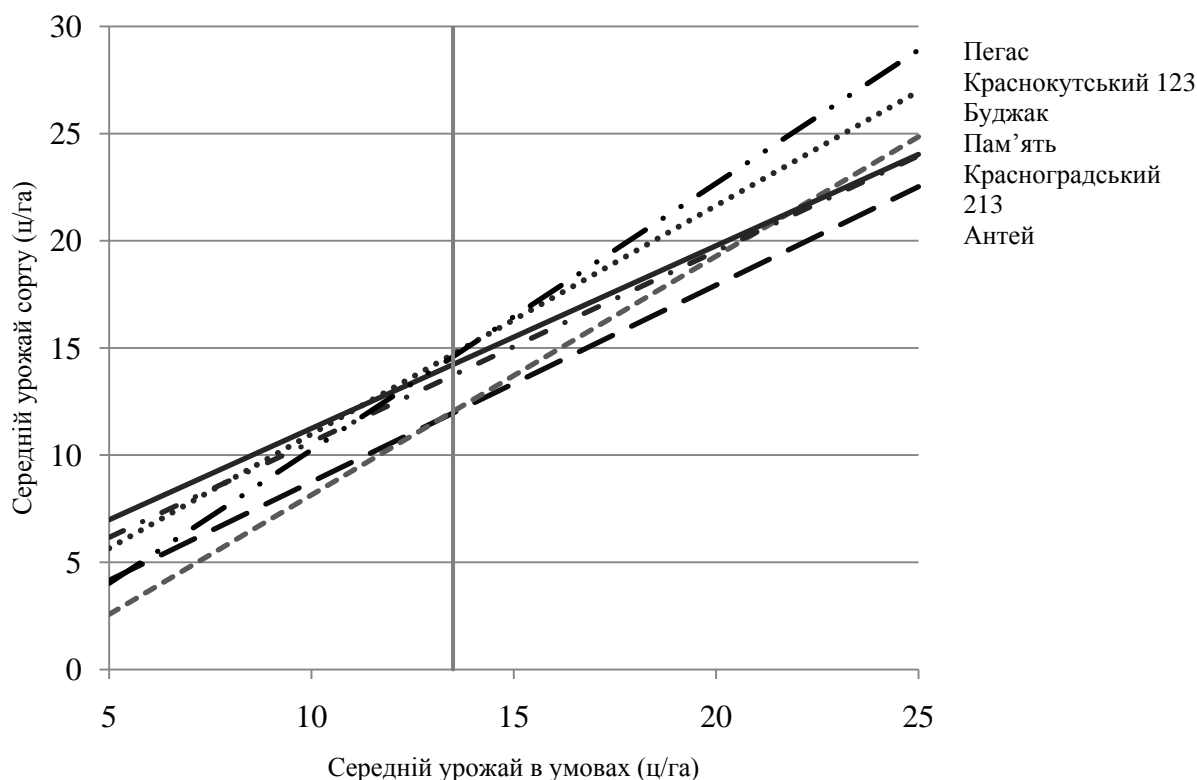


Рис. Лінії регресії урожаїв сортів за роками випробування, ц/га.

Виходячи з наведеного аналізу, за наявності відомостей про принципи відмінності умов між кращими і гіршими роками випробувань (про їх ліміти) і відомостей за прогнозами на подальші роки, селекціонер може планувати і рекомендувати конкретні сорти для виробництва. Наприклад, у випадку сприятливого прогнозу щодо погодних умов бажано рекомендувати перспективні сорти для кращих умов, а за очікування сильних стресових лімітів у вигіднішому становищі опиняться сорти, що виявляють більший урожай за гірших умов. Аналогічні рекомендації торкаються і господарств із різним рівнем агротехніки. А знаючи реакцію конкретних сортів за адаптивністю до названих лімітів, селекціонер може планувати стратегію їх подальшого поліпшення, окрім спроб просто збільшення потенціалу. Підкреслимо, що усі ці міркування правильні тільки для цієї зони з різними лімітами років випробування за цього середнього рівня агротехніки і родючості ґрунту (рівні урожаю). Зауважимо, що в інших зонах з іншими умовами (лімітами) реакція цих сортів (а тим більше інших) може виявитися іншою.

Ми мали у розпорядженні дані випробування врожайності за останні 5 років, окрім цих же сортів, ще додаткові 5 абсолютно інших зарубіжних зразків. Спроба охарактеризувати їх параметри стабільності навряд чи виявилася успішною, хоча дисперсійний аналіз даних показав ті ж тенденції різноманітності: високий вплив різноманітності умов, достовірні ефекти взаємодії «сорт × рік» і недостовірність відмін-

ностей між сортами в середньому. Єдиною відмінністю цього масиву даних були більш схожі за умовами роки випробувань: тут вони максимально розрізнялися за середнім урожаєм лише на 5,3 ц/га, тоді як за 14 років ці відмінності досягали величини 12,8 ц/га. І тому оцінені параметри реакції сортів на зміну умов виявилися не просто іншими (наприклад, коефіцієнт кореляції величин  $b$  для 13 сортів за 14 років з аналогічними величинами за 5 більше схожих останніх років виявився негативно низьким  $r = -0,38$ ), але і самі ці останні величини виявилися недостовірними. Отже, оцінка обговорюваних параметрів повинна проводитися за максимально різноманітних умов, а інтерпретація результатів і рекомендації повинні створюватися для потенціалу і середнього рівня урожаю, виробничих умов у різних регіонах і господарствах.

### Висновки

Таким чином, використовуючи метод оцінки параметрів стабільності за Еберхартом і Расселом, сорти нуту розподілені за реакцією на умови середовища. У випадку сприятливого прогнозу щодо погодних умов можна рекомендувати сорти для кращих умов, а саме Пегас і Краснокутський 123, а за очікування сильних стресових лімітів у вигіднішому становищі опиняться сорти Пам'ять і Красноградський 213. Сорти Антей і Буджак у будь-яких умовах не претендують на лідерство внаслідок меншої адаптивності та стійкості до хвороб.

### Література

1. Рафес П.М. Основы биогеоценологии. *Биосфера*. 2012. Т. 4, № 1. С. 98–125.
2. Драгавцев В.А. Уроки эволюции генетики растений. *Биосфера*. 2012. Т. 4, № 3. С. 251–262.
3. Закон ограничивающего фактора. Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення: 10.01.2018).
4. Rundfeldt H. Die Instabilität der Interaktionen und ihre Bedeutung für die Züchtung. *Vortrag anlässlich der 7<sup>th</sup> Intern. Biometric Conf. Hannover*. 1970. S. 59–65.
5. Лешук Н.В. Порівняльний аналіз статистичних програмних продуктів для кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Науково-практичний журнал. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Vol. 13, No. 4. P. 429–435.
6. Bradshaw A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advanced Generation*. 1965. Vol. 13. P. 115–155.
7. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. Vol. 6. P. 36–40.
8. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014. Т. 18, № 3. С. 548–552.

### References

1. Rafes P.M. Bases of biogeocenology. *Biosphere*. 2012. Vol. 4, № 1. P. 98–125.
2. Dragavcev V.A. Lessons of evolution of phylogenetics. *Biosphere*. 2012. Vol. 4, № 3. P. 251–262.
3. Law of limiting factor. Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (Last accessed: 10.01.2018).
4. Rundfeldt H. Die Instabilität der Interaktionen und ihre Bedeutung für die Züchtung. *Vortrag anlässlich der 7<sup>th</sup> Intern. Biometric Conf. Hannover*. 1970. S. 59–65.
5. Leshchuk N.V. Comparative analysis of statistical software products for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Vol. 13, No. 4. P. 429–435.

6. Bradshaw A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advanced Generation*. 1965. Vol. 13. P. 115–155.
7. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. Vol. 6. P. 36–40.
8. Potanin V.G., Aleinikov A.F., Styopochkin P.I. A new approach to assessing the ecological plasticity of varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014. Vol. 18, № 3. P. 548–552.

**BUSHULIAN O.V., STELMACH A.F., LAMARI N.P., FAIT V.I.**

*Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopolska road, 3, e-mail: bushulyan@ukr.net*

#### **GENOTYPE REACTION AND STABILITY OF CROP PRODUCTION OF CHICKPEA (*CICER ARIETINUM* L.) IN YEARS OF TESTING**

**Aim.** Plants due to the hard attachment to the place of life, the lack of a system of internal thermoregulation, essentially depend on the variety of environmental limits. The general adaptability of a specific sample in plants plays a predominant role in determining the actual yield compared with its genetic potential. **Methods.** The most universal approach for determining this indicator is the use of the widely used method for evaluating stability parameters by Eberhart and Russell, which uses an integrated assessment of the environmental yield taking into account the interaction of "genotype × environment". The yield of 13 varieties of chickpea was estimated and compared by these parameters for 14 seasons. **Results.** The results of the two-factor dispersion analysis showed unequivocally high reliable impact of the conditions of the years of the test on the difference in yield. **Conclusions.** In the case of a favorable weather forecast, it is desirable to recommend promising varieties for better conditions, and in anticipation of strong stress limits, cultivars that exhibit greater yield under worse conditions will be in a more favorable position. Similar recommendations also apply to farms with different levels of agrotechnology.

**Keywords:** reaction of varieties, productivity, stability, chickpea.