

Екологічна пластичність та стабільність продуктивності озимих капустияних культур під впливом елементів технології вирощування

І. В. Царук*, Д. Б. Рахметов

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: illik94@ukr.net

Мета. Установити особливості формування екологічної пластичності та стабільності продуктивності озимих капустияних культур залежно від елементів агротехніки – ширини міжрядь та норм внесення мінеральних добрив. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. в умовах ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» (Чернігівська обл.) за загальноприйнятими методиками. Схема польового досліду передбачала вирощування тифону 'Оракам' за різних способів сівби (ширина міжрядь – 15, 30 і 45 см) та норм мінерального удобрення (без добрив, $N_{80}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{90}K_{90}$). Параметри екологічної стабільності (b) та пластичності (W) урожайності насіння й виходу енергії з біомаси розраховували згідно з методикою Ебергарда – Рассела за допомогою пакету прикладних програм PTC Mathcad Prime 3.1. **Результати.** Найнижчі показники стабільності як урожайності насіння (0,55–0,79), так і виходу енергії з біомаси (0,55–0,81) відзначено у варіантах без застосування добрив, тоді як за внесення $N_{80}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{90}K_{90}$ вони були майже вдвічі вищими (1,03–1,33 та 0,97–1,32 відповідно). При цьому в межах усіх трьох фонів удобрення спостерігалась чітка тенденція до зниження стабільності продуктивності культури зі збільшенням ширини міжрядь. Зокрема, найвищий у досліді коефіцієнт стабільності врожайності насіння – 1,33 отримано на фоні $N_{80}P_{60}K_{60}$ за ширини міжрядь 15 см, водночас зі збільшенням міжрядь до 30 і 45 см він знижувався до 1,19 та 1,05 відповідно. Щодо параметрів екологічної пластичності продуктивних показників тифону, то вони були приблизно на одному рівні в усіх варіантах досліду. **Висновки.** Найліпші умови для формування високої врожайності насіння та загального виходу енергії з біомаси тифону 'Оракам' забезпечувались у варіантах його вирощування із шириною міжрядь 15 та 30 см на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{90}K_{90}$. У такому разі формування продуктивності культури відбувалось з високим рівнем пластичності, а загалом умови вирощування відповідали інтенсивним, що сприяло повнішій реалізації рослинами біологічного потенціалу та ефективному використанню ними елементів технології, зокрема удобрення.

Ключові слова: тифон; ширина міжрядь; норма мінеральних добрив; стабільність продуктивності; пластичність формування врожаю.

Вступ

Ефективність елементів технології вирощування за їх впливом на параметри врожайності та якості продукції сільськогосподарських культур можна оцінити різними способами. Одним із найліпших серед них є оцінювання екологічних складників формування продуктивності культурних рослин. Адже елементи агротехнології по суті є контрольованими екологічними чинниками, що можуть розширити або звужити межі мінливості культури в одних і тих же умовах вирощування [1–3].

Традиційним способом екологічного оцінювання сільськогосподарських культур є визначення пластичності (b) та стабільності (W) їхньої продуктивності згідно з методикою Ебергарда – Рассела. Перший із цих показників є регресійною реакцією на зміну умов вирощування, тоді як другий визначає стабільність цієї реакції, і являє собою середнє квадратичне відхилення від регресії [4, 5].

У разі забезпечення в досліді умов, що сприяють формуванню продуктивності культур із низькими показниками пластичності та стабільності, відзначається ліміт чинників середовища за іншими параметрами. Тобто, якщо попри наявність, наприклад, оптимальних параметрів ширини міжрядь чи норми удобрення рослини використали решту чинників і при цьому не спостерігається значного зниження їхньої врожайності, вирощування культур за таких умов є нерентабельним. Адже додаткові витрати, скажімо на добрива, не компенсуються формуванням рослинами вищої продуктивності навіть у найліпші роки, оскільки наявний дефіцит інших чинників [6, 7].

Водночас за високих показників пластичності продуктивності культур та їх низької стабільності створюються умови формування високої продуктивності за оптимального використання додатково залучених елементів технології. Тобто за таких умов не тільки забезпечується високий рівень урожайності, а рослини також не піддаються впливу з обмеження критичних чинників, що можуть кардинально зменшити рівень їхньої продуктивності загалом [8–10].

Мета досліджень – установити особливості формування екологічної пластичності та стабільності продуктивності озимих капустяних культур залежно від елементів агротехніки – ширини міжрядь та норм внесення мінеральних добрив.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. в умовах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут» (Чернігівська обл.).

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений зі вмістом гумусу на рівні 3,38–3,76 % (підвищений), мінерального азоту ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) – 18,6–29,4 мг/кг (від середнього до підвищеного), рухомого фосфору та обмінного калію – 106,6–120,6 та 50,04–72,2 мг/кг (середній) відповідно, магнію – 243,0–364,5 мг/кг (від підвищеного до високого), рухомої сірки – 7,7–10,3 мг/кг (від середнього до високого), обмінного кальцію – 2225–4100 мг/кг (від підвищеного до дуже високого). Кислотність ґрунту (рН) – 5,7–6,5.

Погодно-кліматичні умови впродовж років досліджень характеризувались певними відхиленнями від середньобагаторічних значень, однак це не стало на заваді отриманню об'єктивних експериментальних даних польових досліджень та росту й розвитку озимих олійних капустяних культур. Найліпші показники температурного режиму, забезпеченості вологою тощо відзначено впродовж вегетаційного періоду 2020/21 рр., найгірші – у 2018/19 рр. Загалом же варто зауважити, що зафіксовані зміни погодних умов дали змогу якнайповніше виявити вплив обраних агротехнічних чинників на ріст і розвиток рослин досліджуваних культур.

Елементи технології вирощування озимих олійних культур родини *Brassicaceae* досліджували за такою схемою:

Культура	Удобрення	Ширина міжрядь, см
Суріпиця озима 'Оріана'	Контроль (без добрив)	15
Ріпак озимий 'Мерседес'	Контроль (без добрив)	15
Тифон 'Оракам'	Контроль (без добрив)	15
		30
		45
	$\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	15
		30
		45
	$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	15
		30
		45

Площа елементарної ділянки в досліді становила 35 м², облікової – 25 м², повторність – триразова.

Технологія вирощування озимих капустияних культур у польовому досліді є загальноприйнятою для правобережної частини Лісостепу України, окрім досліджуваних елементів. Фосфорно-калійні добрива вносили восени, до сівби культури. Азотні добрива застосовували як восени в міжряддя під час сівби (N₂₀), так і весною: ранньовесняне підживлення сульфатом амонію (40–60 кг/га д. р.) та через три тижні карбамідом (20–40 кг/га д. р.).

Досліди проводили відповідно до загальноновизнаних методик дослідної справи в агрономії, а також інших спеціальних методик [11–13].

Параметри екологічної стабільності та пластичності показників продуктивності озимих капустияних культур розраховували згідно з методикою Ебергарда – Рассела [14] за допомогою пакету прикладних програм PTC Mathcad Prime 3.1.

Результати досліджень

Основні результати оцінювання стабільності та пластичності показників урожайності насіння та виходу з енергії наземної біомаси озимих капустияних культур залежно від досліджуваних елементів технології їх вирощування наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Стабільність (b) та пластичність (W) урожайності насіння та виходу енергії з наземної біомаси культур родини *Brassicaciae*

Культура	Удобрення	Ширина міжрядь	Урожайність насіння		Вихід енергії з біомаси	
			b	W	b	W
Суріпиця озима 'Оріана'	Контроль (без добрив)	15	0,95	1,37 × 10 ⁴	1,16	7,11 × 10 ⁶
Ріпак озимий 'Мерседес'	Контроль (без добрив)	15	0,91	1,25 × 10 ⁴	0,84	6,85 × 10 ⁶
Тифон 'Оракам'	Контроль (без добрив)	15	0,79	1,28 × 10 ⁴	0,81	6,85 × 10 ⁶
		30	0,70	1,29 × 10 ⁴	0,68	6,96 × 10 ⁶
		45	0,55	1,33 × 10 ⁴	0,55	7,15 × 10 ⁶
	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	15	1,33	1,24 × 10 ⁴	1,32	6,67 × 10 ⁶
		30	1,19	1,27 × 10 ⁴	1,16	6,81 × 10 ⁶
		45	1,05	1,29 × 10 ⁴	1,06	6,96 × 10 ⁶
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	15	1,23	1,26 × 10 ⁴	1,21	6,80 × 10 ⁶
		30	1,25	1,27 × 10 ⁴	1,22	6,85 × 10 ⁶
		45	1,03	1,31 × 10 ⁴	0,97	7,00 × 10 ⁶

Найнижчі показники стабільності як урожайності насіння (0,55–0,79), так і виходу енергії з біомаси (0,55–0,81) відзначено у варіантах без застосування добрив, тоді як за внесення N₈₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₉₀K₉₀ вони були майже вдвічі вищими (1,03–1,33 та 0,97–1,32 відповідно). При цьому в межах усіх трьох фонів удобрення спостерігалась чітка тенденція до зниження стабільності продуктивності культури зі збільшенням ширини міжрядь. Зокрема, найвищий у досліді коефіцієнт стабільності врожайності насіння – 1,33 отримано на фоні N₈₀P₆₀K₆₀ за ширини міжрядь 15 см, водночас зі збільшенням міжрядь до 30 і 45 см він знижувався до 1,19 та 1,05 відповідно.

Якщо ж аналізувати стабільність формування врожайності насіння та виходу енергії з біомаси загалом, то найвищі її показники було отримано передусім за вирощування тифону у варіантах внесення N₈₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₉₀K₉₀ за ширини міжрядь 15 і 30 см.

Щодо параметрів пластичності продуктивності досліджуваних культур, то вони були приблизно на одному рівні в усіх варіантах досліді.

Додатково проведемо комплексне оцінювання екологічної характеристики умов формування врожайності насіння та виходу енергії з наземної маси досліджуваних капустияних культур (табл. 2).

Таблиця 2

Екологічна характеристика умов формування врожайності насіння та виходу енергії з наземної біомаси культур родини *Brassicaciae*

Культура	Удобрення	Ширина міжрядь	Урожайність насіння	Вихід енергії з біомаси
Суріпиця озима 'Оріана'	Контроль (без добрив)	15	низька пластичність	висока пластичність
Ріпак озимий 'Мерседес'	Контроль (без добрив)	15	низька пластичність, ліміт чинників	низька пластичність
Тифон 'Оракам'	Контроль (без добрив)	15	низька пластичність, ліміт чинників	низька пластичність
		30	низька пластичність	низька пластичність
		45	низька пластичність	низька пластичність
	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	15	висока пластичність, інтенсивні умови	висока пластичність, інтенсивні умови
		30	висока пластичність, інтенсивні умови	висока пластичність, інтенсивні умови
		45	висока пластичність	висока пластичність
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	15	висока пластичність, інтенсивні умови	висока пластичність, інтенсивні умови
		30	висока пластичність, інтенсивні умови	висока пластичність, інтенсивні умови
		45	висока пластичність	низька пластичність

Якщо аналізувати показники врожайності насіння тифону 'Оракам' комплексно, то найліпші умови для їх формування забезпечувались у варіантах вирощування культури із шириною міжрядь 15 та 30 см на фоні внесення мінеральних добрив у нормі N₈₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₉₀K₉₀. У такому разі формування врожаю насіння відбувалося з високим рівнем пластичності, а загалом умови вирощування відповідали інтенсивним, що сприяло добрій реалізації рослинами біологічного потенціалу та ефективному використанню елементів технології, зокрема удобрення.

Щодо виходу енергії з отриманої біомаси, якщо розглядати його як інтегральну ознаку формування високого рівня врожайності біомаси для перероблення на біоенергетичні цілі, то найоптимальніші умови для росту й розвитку рослин тифону 'Оракам' також відзначено у варіантах з міжряддями завширшки 15 і 30 см та внесенням N₈₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₉₀K₉₀. За такого поєднання елементів агротехнології накопичення біомаси та загальний вихід енергії з неї відповідав високому рівню пластичності, а умови вирощування – інтенсивним.

Висновки

Найліпші умови для формування високої врожайності насіння та загального виходу енергії з біомаси тифону 'Оракам' забезпечувались у варіантах його вирощування із шириною міжрядь 15 та 30 см на фоні внесення мінеральних добрив у нормі N₈₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₉₀K₉₀. У такому разі формування продуктивності культури відбувалось з високим рівнем пластичності, а загалом умови вирощування відповідали інтенсивним, що сприяло повнішій реалізації рослинами біологічного потенціалу та ефективному використанню ними елементів технології, зокрема удобрення.

Використана література

1. Agrawal A. A. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*. 2001. Vol. 294, Iss. 5541. P. 321–326. doi: 10.1126/science.1060701
2. Bloomfield J. A., Rose T. J., King G. J. Sustainable harvest: managing plasticity for resilient crops. *Plant Biotechnology Journal*. 2014. Vol. 12, Iss. 5. P. 517–533. doi: 10.1111/pbi.12198
3. Des Marais D. L., Hernandez K. M., Juenger T. E. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2013. Vol. 44, Iss. 1. P. 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806
4. Hughes K. A., Burleson M. H., Rodd F. H. Is phenotypic plasticity adaptive? *Biodemography of Fertility* / J. L. Rodgers, H. C. Kohler (Eds.). Boston, MA : Springer, 2002. P. 23–42. doi: 10.1007/978-1-4615-1137-3_2
5. Ndiaye M., Adam M., Ganyo K. K. et al. Genotype-environment interaction: trade-offs between the agronomic performance and stability of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes in Senegal. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, Iss. 12. Article 867. doi: 10.3390/agronomy9120867
6. Negin B., Moshelion M. The advantages of functional phenotyping in pre-field screening for drought-tolerant crops. *Functional Plant Biology*. 2016. Vol. 44, Iss. 1. P. 107–118. doi: 10.1071/FP16156
7. Palmer A. R. Developmental plasticity and the origin of novel forms: unveiling cryptic genetic variation via “Use and Disuse”. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*. 2012. Vol. 318, Iss. 6. P. 466–479. doi: 10.1002/jez.b.21447
8. Schlichting C. D. Phenotypic plasticity in plants. *Plant Species Biology*. 2002. Vol. 17, Iss. 2–3. P. 85–88. doi: 10.1046/j.1442-1984.2002.00083.x
9. Sultan S. E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in Plant Science*. 2000. Vol. 5, Iss. 12. P. 537–542. doi: 10.1016/s1360-1385(00)01797-0
10. Роїк М. В., Присяжнюк О. І., Коровко І. І., Дячинська О. М. Параметри екологічної пластичності та стабільності гібридів вітчизняної селекції буряків цукрових. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Вип. 7, Т. 2. С. 25–32.
11. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
12. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
13. Рахметов Д. Б., Рахметова С. О., Ліщук Н. В. Методика проведення експертизи сортів тифона (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. × *B. rapa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. *Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони на сорти рослин*. Київ : Алефа, 2000. Вип. 2, ч. 2. С. 210–221.
14. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

References

1. Agrawal, A. A. (2001). Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*, 294(5541), 321–326. doi: 10.1126/science.1060701
2. Bloomfield, J. A., Rose, T. J., & King, G. J. (2014). Sustainable harvest: managing plasticity for resilient crops. *Plant Biotechnology Journal*, 12(5), 517–533. doi: 10.1111/pbi.12198
3. Des Marais, D. L., Hernandez, K. M., & Juenger, T. E. (2013). Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44(1), 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806

4. Hughes, K. A., Burleson, M. H., & Rodd, F. H. (2003). Is Phenotypic Plasticity Adaptive? In J. L. Rodgers, & H. P. Kohler (Eds.), *The Biodemography of Human Reproduction and Fertility*. Boston, MA: Springer. doi: 10.1007/978-1-4615-1137-3_2
5. Ndiaye, M., Adam, M., Ganyo, K. K., Guissé, A., Cissé, N., & Muller, B. (2019). Genotype-environment interaction: trade-offs between the agronomic performance and stability of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes in Senegal. *Agronomy*, 9(12), Article 867. doi: 10.3390/agronomy9120867
6. Negin, B., & Moshelion, M. (2016). The advantages of functional phenotyping in pre-field screening for drought-tolerant crops. *Functional Plant Biology*, 44(1), 107–118. doi: 10.1071/FP16156
7. Palmer, A. R. (2012). Developmental plasticity and the origin of novel forms: unveiling cryptic genetic variation via “Use and Disuse”. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 318(6), 466–479. doi: 10.1002/jez.b.21447
8. Schlichting, C. D. (2002). Phenotypic plasticity in plants. *Plant Species Biology*, 17(2–3), 85–88. doi: 10.1046/j.1442-1984.2002.00083.x
9. Rakhmetov, D. B., Rakhmetova, S. O., & Lishhuk, N.V. (2008). Methods of examination cultivars tyfon (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. × *B. rapa* L.) the difference, uniformity and stability. *Official bulletin. State Service for the Protection of Plant Varieties* (Vol. 2, Part. 22, pp. 210–221). Kyiv: Alefa. [In Ukrainian]
10. Sultan, S. E. (2000). Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in Plant Science*, 5(12), 537–542. doi: 10.1016/s1360-1385(00)01797-0
11. Roik, M. V., Prysiazniuk, O. I., Korovko, I. I., & Diachynska, O. M. (2017). Parameters of ecological plasticity and stability of hybrids of domestic selection of sugar beets. *Agriculture and Forestry*, 7(2), 25–32. [In Ukrainian]
12. Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
13. Prysiazniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]
14. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite*. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [In Ukrainian]

UDC 633.85:57:502

Tsaruk, I. V.*, & **Rakhmetov, D. B.** (2022). Ecological plasticity and stability of cabbage crop productivity as affected by method of sowing. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 105–111. [In Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: illik_94@ukr.net*

Purpose. To establish the peculiarities of the formation of ecological plasticity and productivity stability of winter cabbage crops as affected by the components of agricultural technology, specifically the width of the rows and the application rates of mineral fertilizers. **Methods.** The research was carried out in the years 2018–2021 in the Chernihiv region at the Nizhyn Agricultural Technical Institute of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine). Conventional methods were used in the research. The field experiment design provided for the cultivation of typhoon variety ‘Orakam’ under different methods of sowing (width between rows of 15, 30 and 45 cm) and rates of mineral fertilizers (without fertilizers, N₈₀P₆₀K₆₀ and N₁₂₀P₉₀K₉₀). Parameters of ecological stability (b) and plasticity (W) of seed yield and energy yield from biomass were calculated according to the Eberhard-Russell method using the Mathcad Prime 3.1 software. **Results.** The lowest stability of both seed yield (0.55–0.79) and energy yield from biomass (0.55–0.81) was noted in the treatments without

fertilizers, while with $N_{80}P_{60}K_{60}$ and $N_{120}P_{90}K_{90}$ it was almost twice as high (1.03–1.33 and 0.97–1.32, respectively). At the same time, within all three fertilization backgrounds, a clear tendency of decreasing crop productivity stability along with increasing row width was observed. In particular, the highest coefficient of stability of seed yield in the experiment (1.33) was obtained on the background of $N_{80}P_{60}K_{60}$ at a row spacing of 15 cm, at the same time as the row spacing increased to 30 and 45 cm, it decreased to 1.19 and 1.05, respectively. As for the plasticity parameters of the productive indicators, they were approximately at the same level in all treatments. **Conclusions.** The best conditions for the formation of high seed yield and total energy yield from the biomass of typhoon variety ‘Orakam’ were provided at a row width of 15 and 30 cm and the application of mineral fertilizers $N_{80}P_{60}K_{60}$ and $N_{120}P_{90}K_{90}$. In this case, the formation of crop productivity demonstrated a high level of plasticity. In general, intensive cultivation conditions contributed to the full realization of the crop biological potential and effective utilization of fertilizers.

Keywords: typhon; row width; fertilizer; productivity stability; yield formation plasticity.

Надійшла / Received 03.08.2022

Погоджено до друку / Accepted 18.08.2022