

УДК 004.4*2: 631.526.3

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.18>

ФОРМУВАННЯ ГРУП ПОДІБНИХ ЗА МОРФОЛОГІЧНИМИ ОЗНАКАМИ СОРТІВ ГРЕЧКИ ЇСТІВНОЇ (FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH)

Орленко Н.С. – к.е.н., доцент,

старший науковий співробітник відділу науково-технічної інформації,

Український інститут експертизи сортів рослин

Костенко Н.П. – к.с.-г.н., завідувач сектора відділу експертизи на відмінність,

однорідність та стабільність сортів рослин,

Український інститут експертизи сортів рослин

Душар М.Б. – науковий співробітник відділу експертизи на відмінність,

однорідність та стабільність сортів рослин,

Український інститут експертизи сортів рослин

Натепер гречка їстівна (Fagopyrum esculentum Moench) – одна з найцінніших круп'яних культур, до якої селекціонери проявляють великий інтерес під час виведення нових сортів. Ідентифікація таких загальновідомих сортів за морфологічними ознаками та їх групування є обов'язковою умовою проведення кваліфікаційної експертизи нового сорту на відмінність. Це дозволить звузити коло подібних сортів, які мають бути перевірені на відмінність за морфологічними ознаками, порівняно із новим сортом.

У статті наведено результати досліджень групування сортів гречки їстівної за кодами прояву морфологічних ознак, що внесені впродовж 2010–2015 років до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на лютий 2020 року. Класифікацію подібних сортів гречки їстівної проведено на 25 сортах за 18 морфологічними ознаками із 21. Здійснено ідентифікацію груп подібних сортів гречки їстівної за допомогою ієрархічного кластерного аналізу за методом Уолда, з використанням формули Ленса-Вільямса: $d(i, j, k) = a d(i, k) + a d(j, k) + b d(i, j) + c d(i, k) - d(j, k)$, де значення коефіцієнтів для методу Уолда: $a_i = (n_j + n_k) / (n_k + n_i + n_j)$; $a_j = (n_j + n_k) / (n_k + n_i + n_j)$; $b = (n_j) / (n_k + n_i + n_j)$; $c = 0$. Для визначення відстані застосовано квадрат Евклідової відстані, що обчислюється за формулою:

$$P(x, y) = \sum_i^n (x_i - y_i)^2 \quad P(x, y) = \sum_i^n (x_i - y_i)^2,$$

де $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$ та $y(y_1, y_2, \dots, y_n)$.

Для проведення ієрархічного кластерного аналізу за методом Уолда обрано «діапазон рішення» від 3 до 7 кластерів. Встановлено, що поділ на сім кластерів є найкращим для інтерпретації результатів кластеризації гречки їстівної.

За результатами розподілу подібних сортів гречки їстівної за ідентифікаційними морфологічними ознаками встановлено чотири групи подібних сортів. До першої групи увійшло 6 сортів: Арата, Ювілейна 100, Дев'ятка, Дикуль, Руслана, Медова. Вони мають подібні коди прояву за такими морфологічними ознаками: рослини є високими, з великим розміром квітки, забарвлення пелюсток квіток – світло-червоне, стебло – довге, з великим діаметром, маса 1 000 шт. насіння – велика.

До другого кластера увійшли сорти: Крупнозелена, Амазонка, Оранта. Їх згруповано за морфологічними ознаками: помірне антоціанове забарвлення стебла, індетермінантний тип росту рослини, зрізана форма листкової пластини, великий діаметр стебла та велика маса 1 000 шт. насіння.

У третій групі – Малинка, Квітнева, Перлина Поділля, Ярославна, Мальва, Сімка, Кам'ячанка, Володар. Вони мають подібні коди прояву за морфологічними ознаками: слабе антоціанове забарвлення сім'ядолі, індетермінантний тип росту рослини, біле забарвлення пелюсток квіток, довге стебло з великим діаметром.

Склад четвертої групи подібних сортів такий: Софія, Рута, Селяночка, Ксенія, Надійна. Ці сорти згруповано за такими морфологічними ознаками: помірне антоціанове забарвлення сім'ядолі та стебла, біле забарвлення пелюсток квіток, помірно-коричневе забарвлення шкірки насіння, зрізана форма листкової пластинки, довге стебло з великим діаметром.

Сорти Син-3/02, Воля й Ольга є унікальними. За сукупністю кодів прояву морфологічних ознак вони не увійшли до жодного кластера.

Ключові слова: ідентифікація подібних сортів рослин, гречка їстівна, кластерний аналіз.

Orlenko N.S., Kostenko N.P., Dushar M.B. Formation similar varieties groups of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), on morphological characteristics

Today, buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is one of the most valuable large crops. Selectionists are show great interest in the breeding of new varieties. Identification of similar plant varieties of common knowledge by morphological characteristics and their grouping is a prerequisite for qualifying expertise for the conduct of tests for distinctness of a new variety for distinction. This is will narrow the range of common knowledge similar plant varieties, which should be tested for distinction in morphological characteristics with the new variety.

The article presents the results of studies of the grouping characteristics of plant varieties of buckwheat according to the notes of manifestation of morphological characteristics, which were entered during the period from 2010 to 2015 to the State Register of Plant Varieties suitable for distribution in Ukraine actual of February 2020.

The classification of similar plant varieties of buckwheat is made on 25 varieties, 18 morphological characters were distinguished from 21. The groups of similar plant varieties of buckwheat were identified by using hierarchical cluster analysis to the Wald method, by using to the Lance-Williams formula: $d(i, j, k) = a d(i, k) + a d(j, k) + b d(i, j) + c |d(i, k) - d(j, k)|$, where the values of the coefficients for the Wald method: $d_i = (n_i + n_k) / (n_k + n_i + n_j)$; $a_i = (n_i + n_k) / (n_k + n_i + n_j)$; $b = (n_i) / (n_i + n_j + n_k)$; $c = 0$. To determine the distance measure, the Euclidean distance square calculated by the formula:

$$P(x, y) = \sum_i^n (x_i - y_i)^2 \quad P(x, y) = \sum_i^n (x_i - y_i)^2,$$

where $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $y(y_1, y_2, \dots, y_n)$.

Was selected Wald method for hierarchical cluster analysis by the Wald method and the "solution range" from 3 to 7 clusters. It is established that the division into seven clusters is the best for interpreting the results of clustering buckwheat.

According to the results of the distribution of similar plant varieties of buckwheat in terms of identifying morphological characteristics, four groups of similar plant varieties were established. The first group includes plant varieties: Arata, Jubilee 100, Deviatka, Dikul, Ruslana, Medova. They have similar manifestation notes by the following morphological characteristics: the plants are tall, flower is a large size, the color of the petals of flowers – light red, the stem – long, stem is a large diameter, weight 1 000 pieces the seeds are large.

The second cluster includes plant varieties: Krupnozelená, Amazonka, Oranta. They are grouped by morphological characteristics: medium anthocyanin coloration of the stem, indeterminate growth type of plant, truncated shape of base leaf, large diameter of stem and large mass of 1 000 pieces seed.

In the third group plant varieties – Malinka, Kvitneva, Pearlina Podillya, Yaroslavna, Malva, Simka, Kamyanchanka, Volodar. They have similar codes of manifestation by morphological characteristics: weak anthocyanin coloration of the cotyledon, indeterminate growth type of plant, flower with white color of petals, long stem and stem with a large diameter.

The composition of the fourth group of such varieties is: Sofia, Ruta, Selyanochka, Ksenia, Nadiyna. They have similar notes of manifestation by morphological characteristics: weak anthocyanin coloration of the cotyledon, indeterminate growth type of plant, flower with white color of petals, long stem and stem with a large diameter.

The plant varieties Sin-3/02, Volia and Olga are the most unique. They are were not included in any cluster on the set of notes of manifestation of morphological characteristics.

Key words: identification of similar plant varieties, buckwheat, cluster analysis.

Постановка завдання. Гречка їстівна (*Fagopyrum esculentum* Moench) – одна з найцінніших круп'яних культур, дієтичний продукт і частина кормової бази бджільництва. Покращення якісних характеристик гречки їстівної, що культивується в Україні, пов'язане з виокремленням найкращих, за результатами кваліфікаційної експертизи, сортів. Ці сорти вносяться до Державного реєстру сортів рослин (далі – Реєстр), придатних для поширення в Україні [1]. У процесі кваліфікаційної експертизи на відмінність, однорідність та стабільність важливим питанням є ідентифікація груп схожих сортів. Така ідентифікація дозволить зв'язати коло сортів, які мають бути перевірені на відмінність, у порівнянні з новим сортом, на який подається заявка для внесення до Реєстру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість наукових друкованих і електронних праць, що присвячені дослідженню гречки їстівної (*Fagopyrum esculentum* Moench), говорить про великий інтерес вітчизняних та іноземних

дослідників до цієї культури. Аналіз літературних джерел показує наявність різних інтерпретацій органів гречки їстівної [2–4]. Фізіологічні аспекти селекції гречки та процес утворення плодів за умов різного водозабезпечення розглянуто в роботах [5–6]. Процес створення детермінантних сортів розглянуто в публікації Г.Е. Мартиненко [7–8], а квітковий поліморфізм – у роботі [9]. Біологічна, селекційна цінність і антиоксидантні сполуки розглянуті в роботах [10–17].

Постановка завдання. Авторами статті визначено такі завдання: проведення ідентифікації груп схожих сортів гречки їстівної, що є в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, аналіз результатів кластеризації сортів за проявом морфологічних ознак.

Виклад основного матеріалу дослідження. Матеріали та методика досліджень. Під час проведення експерименту було обстежено 25 сортів гречки їстівної, заявки на проведення кваліфікаційної експертизи яких було подано впродовж 2010–2015 рр. Серед них 23 сорти українського походження та 2 сорти – російські.

Експерименти проводилися в пунктах дослідження закладів експертизи, які розташовані у трьох кліматичних зонах, як-от: Лісостеп, Степ та Полісся, протягом двох років для кожного сорту.

Кваліфікаційна експертиза гречки проводилась відповідно до затвердженої методики [18], що ґрунтується на документі UPOVTG/278/1 [19]. Відповідно до зазначеної методики, сорти гречки їстівної були описані за 21 ознакою, а саме: «Рослина: плоідність», «Сім'ядоля: антоціанове забарвлення», «Стебло: антоціанове забарвлення», «Стебло: антоціанове забарвлення бруньки», «Час початку цвітіння», «Рослина: тип росту», «Рослина: за висотою», «Листкова пластинка: форма основи», «Листкова пластинка: інтенсивність зеленого забарвлення», «Квітка: розмір», «Квітка: забарвлення пелюсток», «Квітка: квітконіжка за довжиною», «Рослина: загальна кількість суцвіть», «Стебло: за довжиною», «Стебло: кількість вузлів», «Стебло: діаметр», «Час досягання», «Насінина: за довжиною», «Насінина: форма», «Насінина: забарвлення шкірки», «Насіння: маса 1 000 шт.».

У межах даної статті для проведення класифікації сортів гречки їстівної виокремлено 18 морфологічних ознак із 21.

Під час проведення досліджень було застосовано метод кластерного аналізу для багатомірних вибірок, відповідно до рекомендацій у роботах [17–18].

Кластерізацію було проведено з використанням низки методів і метрик. А саме з допомогою формули Ленса-Вільямса:

$$d(i, j, k) = a_i d(i, k) + a_j d(j, k) + b d(i, j) + c |d(i, k) - d(j, k)|, \quad (1)$$

де значення коефіцієнтів для методу Уолда наведено такі:

$$\begin{aligned} a_i &= (n_i + n_k) / (n_k + n_i + n_j); \\ a_j &= (n_j + n_k) / (n_k + n_i + n_j); \\ b &= (n_k) / (n_k + n_i + n_j); c = 0. \end{aligned}$$

Як міру відстані застосовано квадрат Евклідової відстані, що обраховується за формулою:

$$P(x, y) = \sum_i^n (x_i - y_i)^2, \quad (2)$$

де $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$ та $y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ – відповідний набір точок для обрахування відстані.

Для проведення ієрархічного кластерного аналізу за методом Уолда було обрано «діапазон рішення» від 3 до 7 кластерів. У разі поділу на три кластери до першого

кластера увійшли сорти: Арата, Ювілейна 100, Малинка, Квітнева, Перлина Поділля, Ярославна, Дев'ятка, Диккуль, Софія, Рута, Руслана, Селяночка, Ксенія, Надійна, Мальва, Сімка, Кам'янчанка, Медова, Володар, Син-3/02; до другого кластера: Крупнозелена, Амазонка, Оранта, Ольга; сорт Воля виокремлено у третій кластер. У разі поділу на чотири кластера до першого кластера віднесено ті самі сорти, що й за поділу на три кластери, до другого кластера увійшли сорти: Крупнозелена, Амазонка, Оранта, Ольга. Сорти Син-3/02 та Воля виокремлено у два окремі, третій і четвертий кластери відповідно. Під час поділу на п'ять кластерів сформовано такі групи: перша – це сорти Арата, Ювілейна 100, Дев'ятка, Диккуль, Руслана, Медова; у другій – Крупнозелена, Амазонка, Оранта, Ольга. У третю групу потрапили такі сорти: Малинка, Квітнева, Перлина Поділля, Ярославна, Софія, Рута, Селяночка, Ксенія, Надійна, Мальва, Сімка, Кам'янчанка, Володар. Сорти Син-3/02 та Воля виділено у два окремі, четвертий і п'ятий кластери відповідно. У разі поділу на шість кластерів до першого кластера увійшли такі сорти: Арата, Ювілейна 100, Дев'ятка, Диккуль, Руслана, Медова, до другого – Крупнозелена, Амазонка, Оранта, до третього – Малинка, Квітнева, Перлина Поділля, Ярославна, Софія, Рута, Селяночка, Ксенія, Надійна, Мальва, Сімка, Кам'янчанка, Володар. У четвертий, п'ятий і шостий кластери виокремлено по одному сорту, а саме: сорти Син-3/02, Воля й Ольга відповідно. Виявлено, що поділ на сім кластерів є найкращим для інтерпретації результатів кластеризації гречки їстівної. Результати кластеризації подано в таблиці 1 та на дендрограмі (рис. 1).

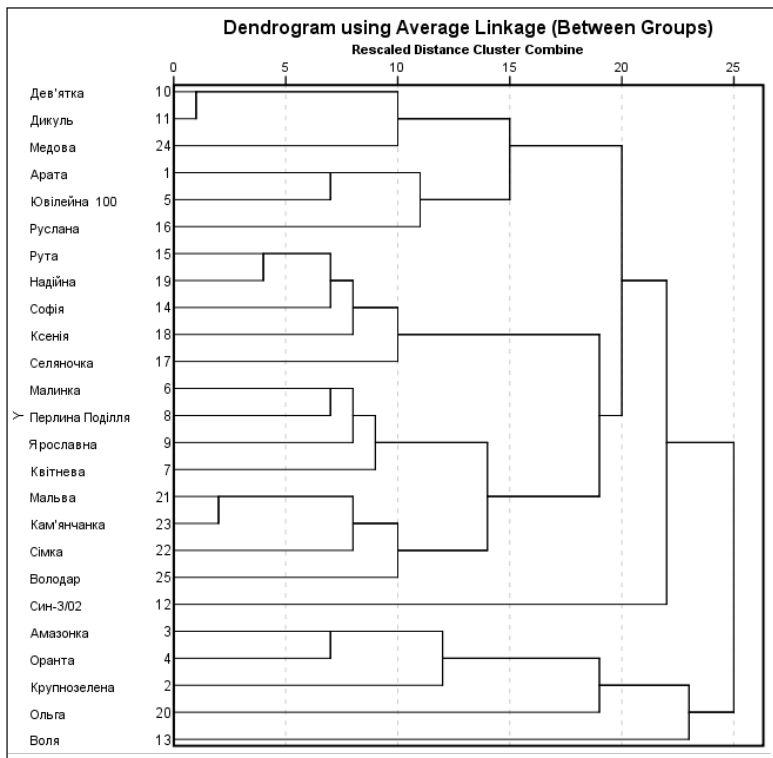


Рис. 1. Дендрограма групування сортів гречки їстівної за проявом морфологічних ознак

Таблиця 1

Результати кластеризації

Номер сорту	Перший кластер	Другий кластер	Третій кластер	Четвертий кластер
1	Арата	Крупнозелена	Малинка	Софія
2	Ювілейна 100	Амазонка	Квітнева	Рута
3	Дев'ятка	Оранта	Перлина Поділля	Селяночка
4	Дикуль	–	Ярославна	Ксенія
5	Руслана	–	Мальва	Надійна
6	Медова	–	Сімка	Софія
7	–	–	Кам'янчанка	Рута
8	–	–	Володар	Селяночка
9	–	–	–	Ксенія
10	–	–	–	Надійна

Як свідчить таблиця 1, у перший кластер увійшло шість сортів, які мають такі спільні ознаки: рослини є високими, з великим розміром квітки, забарвлення пелюсток квіток – світло-червоне, стебло довге, з великим діаметром, маса 1 000 шт. насіння – велика.

У другий кластер увійшло три сорти. Спільними ознаками цих сортів є помірне антоціанове забарвлення стебла, індетермінантний тип росту рослини, зрізана форма листової пластини, великий діаметр стебла та велика маса 1 000 шт. насіння. У третьому кластері дев'ять сортів, що мають такі спільні ознаки: слабе антоціанове забарвлення сім'ядолі, індетермінантний тип росту рослини, біле забарвлення пелюсток квіток, довге стебло з великим діаметром. У четвертий кластер увійшли десять сортів, що маю такі спільні прояви морфологічних ознак: помірне антоціанове забарвлення сім'ядолі та стебла, біле забарвлення пелюсток квіток, помірно-коричневе забарвлення шкірки насінини, зрізану форму листової пластинки, довге стебло з великим діаметром.

Сорти Син-3/02, Воля й Ольга не увійшли до жодного кластера. Ці сорти є унікальними за сукупністю прояву морфологічних ознак.

Висновки і пропозиції. Проведення кластерного аналізу дало можливість виявити найбільш подібні сорти за проявом морфологічних ознак. Утворено чотири групи подібних сортів. До першої групи увійшли сорти: Арата, Ювілейна 100, Дев'ятка, Дикуль, Руслана, Медова. У другій групі – Крупнозелена, Амазонка, Оранта. У третій – Малинка, Квітнева, Перлина Поділля, Ярославна, Мальва, Сімка, Кам'янчанка, Володар. Склад четвертої групи подібних сортів такий: Софія, Рута, Селяночка, Ксенія, Надійна, Софія, Рута, Селяночка, Ксенія, Надійна. Сорти Син-3/02, Воля й Ольга є унікальними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2020 р. URL: <http://sops.gov.ua/uploads/page/5bbdf6a297647.pdf>.
2. Культура гречихи / Е. Алексеева и др. Каменец-Подольский, 2005. Ч. 3. С. 473–486.
3. Алексеева О. Гречка. Київ : Урожай, 1976. 134 с.
4. Рослинництво / ред. : С. Каленська та ін. Київ, 2005. С. 186–196.
5. Лаханов А. Плодообразование сортов гречихи при различной водообеспеченности растений *Сельскохозяйственная биология*. Серия «Биология растений». 1992. № 5. С. 41–47.

6. Лаханов А. Физиологические аспекты селекции гречихи. *Аграрная наука*. 1997. № 3. С. 25–27.
7. Мартыненко Г. Создание детерминантных сортов как способ повышения урожайности гречихи. *Селекция и технология возделывания бобовых и крупяных культур*. Орел, 1994. С. 69–79.
8. Biological Resources and Selection Value of Species of *Fagopyrum* Mill. Genus in the Far East of Russia / A. Klykov et al. *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. Academic Press, 2016. P. 51–60. DOI: 10.1016/B978-0-12-803692-1.00004-3.
9. Kadyrova L., Potapov K., Kadyrova F. Polymorphism of structure of Flowers and the Development of the Malere productive sphere of Plants of buckwheat species of the Cymosum Group. *Bioscience Biotechnology Research Communications*. 2019. Vol. 12. № 5. P. 323–328.
10. Sakac Marijana B., Sedej Lvana J., Mandic Anamarija I. Antioxidant properties of buckwheat flours and their contribution to functionality of bakery, pasta and confectionary products. *Hemijaska industrija*. 2015. Vol. 69. № 5. P. 469–483.
11. Hou Ling-Li, Zhou Mei-Liang, Zhang Qian. *Fagopyrum luoj is hanense*, a New Species of *Polygona* ceae from Sichuan, China. *NOVON*. 2015. Vol. 24. № 1. P. 22–27. DOI: 10.3417/2013047.
12. Izydorczyk Marta S., McMillan Tricia, Bazin Sharon. Canadian buckwheat: A unique, useful and under-utilized crop. *Canadian journal of plant science*. 2014. Vol. 94. № 3. P. 509–524.
13. Ragaee Sanaa, Seetharaman Koushik, Abdel-Aal El-Sayed M. The Impact of Milling and Thermal Processing on Phenolic Compounds. *Cereal Grains. critical reviews in food science and nutrition*. 2014. Vol. 54. № 7. P. 837–849.
14. Li Fen-Long, Zeller Friedrich J., Huang Kai-Feng. Improvement of fluorescent chromosome in situ PCR and its application in the phylogeny of the genus *Fagopyrum* Mill. using nuclear genes of chloroplast origin (cpDNA). *Plant systematics and evolution*. 2013. Vol. 299. № 9/2013. P. 1679–1691.
15. Gui Wei, Lemley Bethan A., Keresztes Ivan. Purification and molecular structure of digalactosylmyo-inositol (DGMI), trigalactosylmyo-inositol (TGMI), and fagopyritol B3 from common buckwheat seeds by NMR. *Carbohydrate research*. 2013. Vol. 380. P. 130–136.
16. Atalay Mahmut Hayali, Bilgicli Nermin, Elgun Adem. Effects of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) milling products, transglutaminase and sodium stearoyl-2-lactylate on bread properties. *Journal of food processing and preservation*. 2013. Vol. 37. № 1. P. 1–9.
17. Sedej Ivana, Sakac Marijana, Mandic Anamarija. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Grain and Fractions: Antioxidant Compounds and Activities. *Journal of food science*. 2012. Vol. 77. № 9. P. 954–959.
18. Методика проведення експертизи гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum* Moench) на відмінність, однорідність і стабільність. Київ : Алефа, 2010. Ч. 2. С. 135–159.
19. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) (TG /278/1, UPOV). Geneva. 2012-03-28. 27 p.
20. Compton M. Statistical methods suitable for the analysis of plant issue culture data. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1994. Vol. 37. Iss. 3. P. 217–242. DOI: 10.1007/BF00042336.
21. Порівняльний аналіз статистичних програмних продуктів для кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення / Н. Лещук та ін. *Plant. Var. Stud. Prot.* 2017. Т. 13. № 4. P. 429–435. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117757.
22. Порівняльний аналіз ієрархічних методів кластеризації, придатних для оброблення даних морфологічних ознак сортів рослин / Н. Орленко та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 2. С. 261–269. DOI: 10.31210/visnyk2019.02.35.