УДК 634.74:631.526.32 doi: 10.21498/2518-1017.20.4.2024.321916

Групування сортів обліпихи крушиноподібної із застосуванням ієрархічного агломеративного кластерного аналізу

В. М. Матус*, Н. С. Орленко, О. Б. Орленко, Н. В. Павлюк, К. М. Мажуга

*Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Горіхуватський шлях, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: 1233valya@gmail.com*

Мета. Установити прояв комплексу ознак сортів обліпихи крушиноподібної, використовуючи кластерний аналіз для групування ідентифікаційних морфологічних якісних і кількісних господарсько-цінних характеристик за проведення тесту на відмінність. **Методи.** Аналітичний (аналіз бази даних сортів), порівняльного оцінювання морфологічних і господарсько-цінних характеристик, математичний, статистичний [використання пакета SPSS (статистичного пакета для соціальних наук, англ. Statistical Package for the Social Sciences)] інструментів Data Mining. **Результати.** Проведено частотний аналіз морфологічних ознак колекції сортів *H. rhamnoides*. Останні згруповано за допомогою ієрархічного агломеративного кластерного аналізу з використанням таких змінних, як життєва форма рослини, положення гілок і кількість колючок пагона. За результатами виокремлено шість кластерів. Також встановлено найліпші за господарсько-цінними показниками сорти обліпихи крушиноподібної в розрізі груп стиглості. **Висновки.** Використання кластерного аналізу для групування загальновідомих сортів колекції обліпихи крушиноподібної за морфологічними та господарстько-цінними характеристиками дає змогу оперативно та точно встановити код прояву ознак (QL – якісні, QN – кількісні, PQ – псевдоякісні) та їхню відмінність. За результатами порівняння встановлено, що найвищі показники врожайності мав сорт 'Орендж Революшн'; вмісту вітаміну С – 'Дора', каротину – 'Морквяна', вітаміну Р – 'Татйана', 'Ласунка', 'Єва' та 'Марійа Брувеле'.

Ключові слова: *Hippophae rhamnoides L.; статистичний аналіз; класифікація; сорт; код; відмінність; кластер; ознака.*

Вступ

Обліпиха крушиноподібна (*Hippophae rhamnoides* L.) посідає чільне місце серед малопоширених плодово-ягідних культур, що підтверджують роботи вітчизняних науковців [1, 2], а також іноземних дослідників з Китаю [3, 4], Туреччини [5], Греції [6], Польщі [7–9], Латвії [10] та Литви [11]. Це нішевий продукт, статистичної інформації про який мало. У деяких джерелах зазначено, що у світі є 1,5 млн га плантацій обліпихи. Її вирощують як декоративне та плодове дерево на всій території України, однак промислове культивування наразі практично відсутнє. Оптимальним вважають садіння *Hippophae rhamnoides* L. на невеликих площах – 5–15 га. У такому разі можна одержати достатній обсяг ягід для реалізації у свіжому вигляді та забезпечити збут плодів переробним компаніям [13]. Останніми роками в нашій державі через підвищення цін на обладнання та інші складнощі зменшилися обсяги виробництва обліпихової олії. Утім, як вважають експерти, збільшення попиту на неї та решту свіжої продукції серед внутрішніх і зовнішніх споживачів відбудеться зі зростанням господарства внаслідок стабілізації економічної ситуації в Україні.

На думку селекціонерів, одним зі способів інтенсифікації та розширення обсягів виробництва плодів обліпихи є введення її низькорослих високопродуктивних популяцій і сортів, стійких проти несприятливих екологічних факторів [13]. Низькорослість кущів також дає змогу підвищити продуктивність праці у процесі обрізування та формування крони, оптимізувати догляд за рослинами й збирання врожаю ягід.

Результати кваліфікаційної експертизи на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС-тест) сортів обліпихи крушиноподібної як науково-технічні дані накопичуються роками та можуть бути представлені і в числовому, і в категорійному форматі. Морфологічний опис цієї культури має 22 характеристики. Така кількість вихідних параметрів вимагає ретельного аналізу алгоритмів і методів [14].

Автори провели експеримент із застосуванням агломеративного й дивізійного підходів

Valentyna Matus
https://orcid.org/0000-0002-2267-4757
Natalia Orlenko
https://orcid.org/ 0000-0003-0494-2065
Oleksandr Orlenko
https://orcid.org/0009-0001-3309-0757
Nataliia Pavliuk
https://orcid.org/0000-0003-2532-7301
Kostiantyn Mazhuha
https://orcid.org/0000-0002-1434-8687

до кластеризації та визначили, що саме агломеративний формує кластери, склад яких обґрунтовано можна інтерпретувати та зробити наочне представлення об'єктів. Для встановлення оптимальної чисельності останніх потрібно послуговуватися деякими емпіричними правилами.

Кожен новий сорт належить до тієї групи, приєднання до якої найліпше задовольняє критерії якості кластеризації та з об'єктами в якій він найбільше схожий [15]. Відповідність критеріям відмінності, однорідності та стабільності, а також господарсько-цінним характеристикам для задоволення потреб споживачів, відсутність загрози довкіллю та здоров'ю людини є обов'язковими вимогами для поширення на території України нових сортів обліпихи крушиноподібної. Їхній морфологічний опис за ознаками вегетативних і генеративних органів здійснюють у відповідні фенологічні фази росту та розвитку згідно з міжнародною шкалою BBCH [16].

Науково-технічна експертиза сортів рослин групи плодових – це комплекс польових і лабораторних досліджень, результати яких формують базу даних Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР). Кінцевого інформаційного продукту для практичного використання досягають через алгоритм статистичного опрацювання.

Технологічну процедуру з визначення відмінності сортів у разі відсутності статистичного методу можна спростити, здійснивши автоматизоване групування найподібніших з них за кодами прояву ідентифікаційних ознак (QL – якісні, QN – кількісні, PQ – псевдоякісні). Відмінні сорти в межах групи слід використовувати не тільки для тесту на відмінність, але й для тесту на стабільність [17].

Оскільки чисельність ознак, які застосовують для групування під час тесту на відмінність, обмежена [рослина: стать; рослина: життєва форма; рослина: положення гілок; пагін: кількість колючок (у середній частині крони)], щоб статистично обґрунтованого розширити їхній діапазон, необхідно працювати з кодами прояву морфологічних ознак [17, 18]. За допомогою комп'ютерного оброблення даних, використовуючи метод кластерного аналізу, можна зменшити розмірність аналізованих кодів і ступенів їхнього прояву та згрупувати сорти за морфологічними ознаками для оперативного та прозорого пошуку серед них хоча б однієї відмітної [19, 20].

Для аналізу даних, пов'язаних із морфологічним описом різних сортів сільськогосподарських культур, дуже часто застосовують ієрархічну кластеризацію. Про це свідчать наукові публікації іноземних [21, 22] та вітчизняних [23, 24] авторів, зокрема тих, хто працює з інформацією бази даних Українського інституту експертизи сортів рослин [15].

Зауважимо, що ієрархічний кластерний аналіз – це метод багатовимірної статистики, який дає змогу згрупувати набір даних так, щоб об'єкти з однієї групи (кластера) були більш схожими між собою, ніж об'єкти з різних. Основна ідея полягає в побудові ієрархічної структури кластерів, кожен з яких можна об'єднати з іншими або розбити на підкластери [25]. У наукових дослідженнях, пов'язаних з аналізом морфологічних характеристик та господарсько-цінних ознак для групування наборів даних, уже традиційно використовують ієрархічну кластеризацію [19, 26]. Цим методом послуговуються, якщо відсутня попередня інформація про те, на скільки груп слід розділити дані.

У процесі досліджень розглянуто два підходи – агломеративний та розділовий [25] – і встановлено, що агломеративний є придатнішим для аналізу даних, які містять морфологічні характеристики.

Мета досліджень – установити прояв комплексу ознак сортів обліпихи крушиноподібної, використовуючи кластерний аналіз для групування ідентифікаційних морфологічних якісних і кількісних господарсько-цінних характеристик за проведення тесту на відмінність.

Матеріали та методика досліджень

16 досліджуваних сортів обліпихи крушиноподібної подано національними заявниками в період 2018–2021 рр. З них 'Адаптивна', 'Злата', 'Морквяна', 'Надійна', 'Оляна', 'Особлива', 'Обрій' та 'Абориген' підтримуються в Реєстрі сортів рослин Інститутом садівництва Національної академії аграрних наук України; 'Єва', 'Марійа Брувеле', 'Татйана' та 'Лорд' – товариством з обмеженою відповідальністю «Аграрна компанія «ЕКО-Парк»; 'Витвірня' – Левченком Олегом Васильовичем; 'Ласунка', 'Орендж Революшн' і 'Папа' – Меженським Володимиром Миколайовичем. Ще п'ять сортів подано румунським заявником СЦ «Прімагра» С.Р.Л., а саме: 'Дора', 'Клара', 'Кора', 'Мара' та 'Андрос'.

Матеріалом досліджень слугували показники кодів прояву морфологічних ознак сортів *Hippophae rhamnoides* L. від 1 до 9 [14]. Для статистичного опрацювання отриманих даних використовували результати експертизи на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС) із бази даних автоматизованої інформаційної системи УІЕСР. Морфологіч-

ний опис вегетативних і генеративних органів рослин обліпихи для отримання морфологічної кодової формули сорту здійснювали на полях заявника за 22 ідентифікаційними ознаками відповідно до «Методики проведення експертизи сортів обліпихи крушиновидної на відмінність, однорідність і стабільність» [27]. Порівняння морфологічних кодових формул дало змогу оперативно та якісно провести тест на відмінність, масив даних для якого формують коди ознак вегетативних і генеративних органів сортів рослин, що містяться в базі даних УІЕСР. Експертизу на придатність сорту для поширення в Україні виконували на полях заявника згідно з «Методикою проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні» [28].

Морфологічний опис сортів обліпихи крушиноподібної включав такі ознаки: стать рослини, життєва форма, положення гілок, сила росту, щільність крони, розташування суцвіть на рослинах, товщина однорічного пагона, кількість колючок на пагоні (від середньої частини до верхівки), колючки за довжиною, форма і розмір листкової пластинки, хвилястість краю, забарвлення верхнього боку, інтенсивність зеленого забарвлення верхнього боку, опушення нижнього боку листкової пластинки, розмір плоду, його форма, колір шкірки, опушення, довжина плодоніжки, час початку цвітіння та достигання плодів; також він передбачав кластерний аналіз для багатовимірних вибірок відповідно до рекомендацій [25]. Як змінні для кластеризації використали групові ознаки, рекомендовані документом UPOV TG/240/1 Rev. Common Sea Buckthorn. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability (Обліпиха крушиноподібна. Рекомендації з проведення тестів на відмінність, однорідність і стабільність). Сорти, згідно з їхнім морфологічним описом, виокремили за групувальними ознаками [рослина: стать; рослина: життєва форма; рослина: положення гілок; пагін: кількість колючок (у середній частині крони)] для побудови кластерів та встановлення між ними відстані. Останню обчислювали за допомогою Євклідової відстані. Завдяки такому підходу вдалося виявити залежність між життєвою формою рослин і значеннями господарсько-цінних показників, а також висвітлити інформацію щодо найліпших сортів обліпихи крушиноподібної за врожайністю, вмістом вітамінів С і Р та каротину у плодах. Інструментальним засобом розрахунків була програма IBM SPSS Statistics [29].

Результати досліджень

Частотний аналіз ідентифікаційних морфологічних ознак, які вдалося виявити за результатами морфологічного опису колекції загальновідомих сортів обліпихи крушиноподібної (табл. 1), засвідчив, що вона складалася з п'яти представників чоловічої статі та 16 – жіночої (рис. 1). Серед сортів жіночої статі за життєвою формою шість були деревами, 10 – кущами; положення гілок у двох культиварів виявилося вертикальним, у 13 – напіввертикальним, в одного – арковим; за силою росту один сорт був слабкорослим, 10 – середньорослими, три – сильнорослими, два – дуже сильнорослими; крона 14 сортів була помірно щільною, ще двох – щільною; суцвіття в чотирьох культиварів спостерігали тільки на однорічних пагонах, у 12 – на однорічних і старших; за товщиною однорічні пагони в одного з сортів були тонкими, у 12 – середньої товщини, у трьох – товстими; два сорти відзначилися відсутністю або дуже малою кількістю колючок, вісім – малою, п'ять – середньою, один – великою; колючки за довжиною в дев'яти сортів були короткими, в шести – середніми; листкова пластинка п'яти культиварів мала дуже вузькоеліптичну форму, 10 – вузькоеліптичну, одного – вузькояйцеподібну; у двох сортів листкова пластинка виявилася малою за розміром, у 12 – середньою, в решти – великою; у 15 культиварів була відсутня хвилястість краю листкової пластинки, в одного – наявна; верхній бік листка 15 сортів був зеленого кольору, одного – сріблястого; середню інтенсивність зеленого забарвлення листкової пластинки відмічали в 10 культиварів, сильну – в п'яти; слабке опушення нижнього боку листкової пластинки – в 11, середнє – в п'яти сортів.

Кластеризацію сортів обліпихи крушиноподібної проводили, використовуючи агломеративний метод ієрархічного кластерного аналізу Варда (рис. 2).

До першого кластера увійшли сорти 'Адаптивна', 'Морквяна' та 'Особлива'. Життєва форма рослин – кущі із середньою кількістю колючок на пагонах та напіввертикальним положенням гілок. Усі представники цього кластера є середніми за початком цвітіння; за часом достигання 'Адаптивна' та 'Особлива' – пізніми, 'Морквяна' – середнім.

Другий кластер містить сорти 'Дора' та 'Клара'. Життєва форма рослин – дерева з напіввертикальним положенням гілок і середньою кількістю колючок на пагонах. За початком цвітіння та часом достигання плодів сорт 'Дора' є раннім, 'Клара' – пізнім і середнім відповідно.

Таблиця 1

Прояви морфологічних ознак колекції сортів обліпихи крушиноподібної

Назва сорту	Рослина: за силою росту	Рослина: щільність крони	Однорічний пагін: за товщиною	Пагін: колючки за довжиною	Листкова пластинка: форма	Листкова пластинка: розмір	Листкова пластинка: хвилястість краю	Плід: розмір	Плід: форма	Плід: забарвлення шкірки	Плід: опушення	Плід: плодоніжка за довжиною
‘Дора’	сильна	помірна	середній	середні	вузькоеліптична	середня	відсутня	великий	яйцеподібна	оранжево-червоне	середнє	середня
‘Клара’	середня	щільна	товстий	середні	вузькоеліптична	середня	відсутня	великий	еліптична	темно-жовте	слабке	коротка
‘Кора’	середня	помірна	середній	короткі	вузькояйцеподібна	мала	відсутня	великий	округла	жовто-оранжеве	середнє	середня
‘Мара’	дуже сильна	щільна	товстий	середні	вузькоеліптична	мала	наявна	великий	еліптична	жовто-оранжеве	слабке	коротка
‘Єва’	сильна	помірна	середній	короткі	дуже вузькоеліптична	середня	відсутня	великий	яйцеподібна	темно-жовте	слабке	середня
‘Надійна’	середня	помірна	середній	короткі	вузькоеліптична	середня	відсутня	середній	видовжена	темно-жовте	слабке	середня
‘Оляна’	дуже сильна	помірна	середній	короткі	вузькоеліптична	велика	відсутня	великий	видовжена	жовто-оранжеве	слабке	середня
‘Злата’	середня	помірна	середній	не визначено	вузькоеліптична	середня	відсутня	середній	видовжена	темно-жовте	слабке	середня
‘Марійа Брувеле’	сильна	помірна	середній	короткі	дуже вузькоеліптична	середня	відсутня	середній	яйцеподібна	жовто-оранжеве	слабке	середня
‘Адаптивна’	середня	помірна	середній	короткі	вузькоеліптична	середня	відсутня	малий	видовжена	темно-жовте	слабке	середня
‘Морквяна’	середня	помірна	товстий	короткі	вузькоеліптична	велика	відсутня	великий	еліптична	оранжево-червоне	слабке	середня
‘Особлива’	середня	помірна	середній	середні	вузькоеліптична	середня	відсутня	середній	еліптична	жовто-оранжеве	слабке	середня
‘Витвірня’	середня	помірна	середній	короткі	вузькоеліптична	середня	відсутня	середній	яйцеподібна	жовто-оранжеве	слабке	середня
‘Ласунка’	слабка	помірна	середній	короткі	дуже вузькоеліптична	середня	відсутня	великий	еліптична	жовто-оранжеве	слабке	середня
‘Орендж Революшн’	середня	помірна	середній	короткі	дуже вузькоеліптична	середня	відсутня	великий	видовжена	оранжево-червоне	слабке	середня
‘Татйана’	середня	помірна	тонкий	середні	дуже вузькоеліптична	середня	відсутня	середній	грушоподібна	оранжево-червоне	слабке	середня

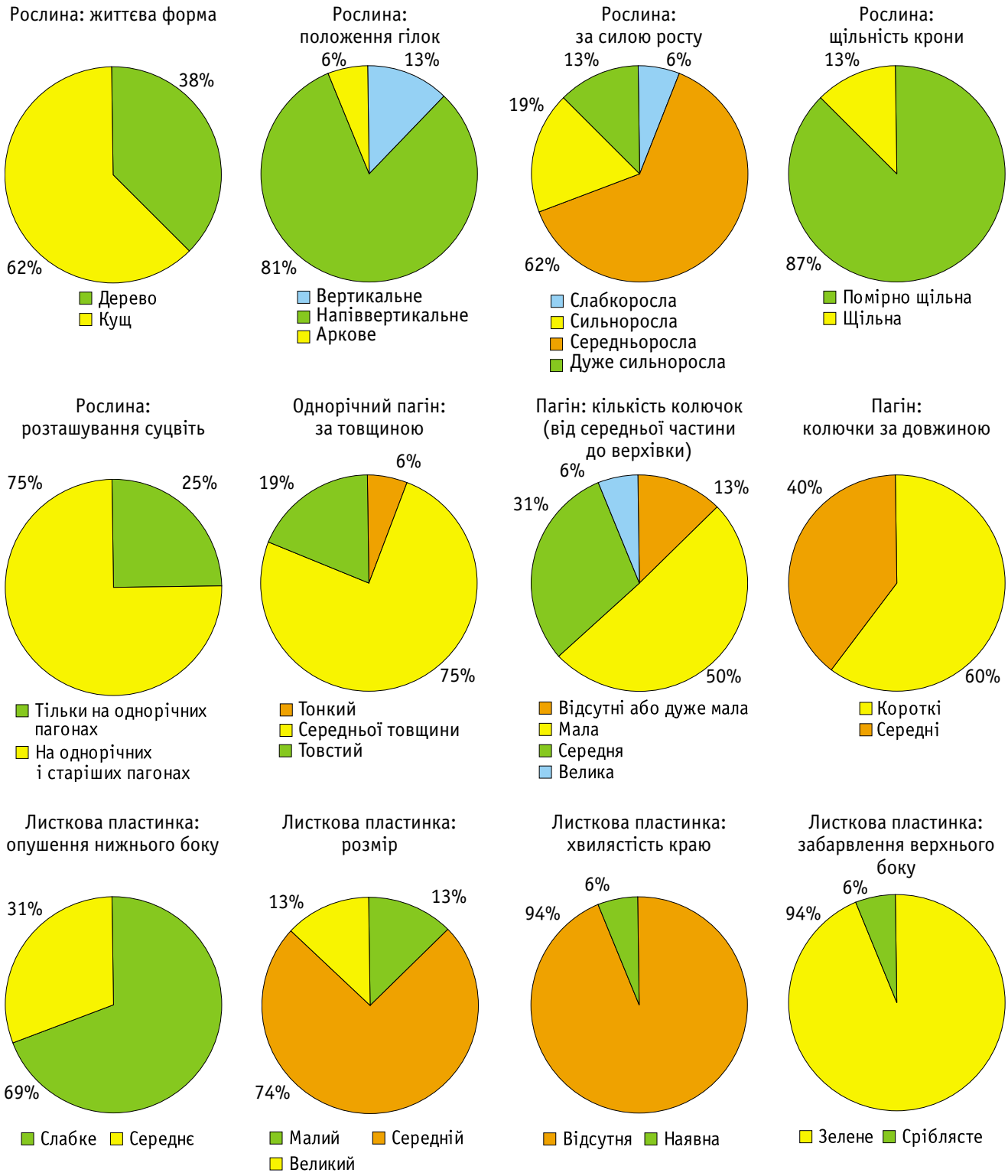

Рис. 1. Кругові діаграми частотного аналізу морфологічних характеристик колекції сортів обліпихи крушиноподібної

До третього кластера увійшли сорти ‘Злата’ та ‘Марійа Брувеле’. Життєва форма рослин – кущі; колючки на пагонах відсутні або їх мало, положення гілок напіввертикальне. За початком цвітіння і часом достигання плодів сорт ‘Марійа Брувеле’ є середнім, ‘Злата’ – пізнім.

Четвертий кластер містить сорти ‘Мара’ та ‘Єва’. Перший за життєвою формою є деревом, другий – кущем із вертикальним положенням гілок та невеликою кількістю колючок. Початок цвітіння та час достигання плодів у ‘Мари’ є середнім, у ‘Єви’ – раннім і середнім відповідно.

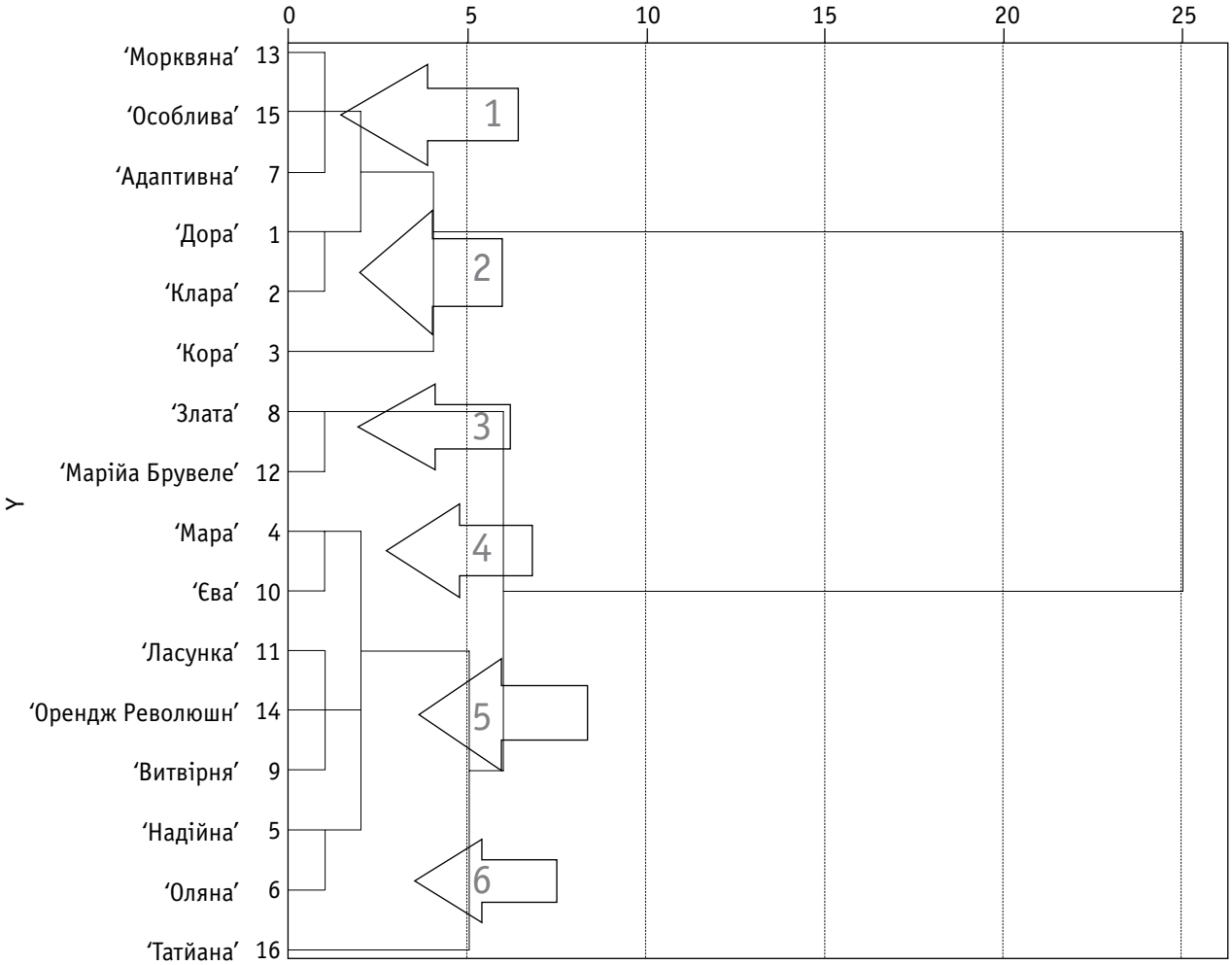

Рис. 2. Дендрограма результатів кластеризації сортів обліпихи крушиноподібної з використанням методу Варда

П'ятий кластер охоплює сорти 'Витвірня', 'Ласунка' та 'Орендж Революшн'. Життєва форма рослин – кущі з невеликою кількістю колючок на пагонах і напіввертикальним положенням гілок. У 'Ласунки' та 'Орендж Революшн' середній час початку цвітіння й дуже ранній достигання плодів, у 'Витвірні' – ранній і середній відповідно.

До шостого кластера увійшли сорти 'Надійна' та 'Оляна'. Життєва форма рослин – дерева з напіввертикальним положенням гілок і невеликою кількістю колючок на пагонах. За початком цвітіння та часом достигання плодів сорт 'Надійна' є середнім, 'Оляна' – середнім і пізнім відповідно.

Сорти 'Кора' (життєва форма рослин – дерево) і 'Татйана' (кущ) не належать до жодного кластера. Переважна більшість досліджуваних культиварів мають зелене забарвлення верхнього боку листкової пластинки, й лише 'Кора' – сріблясте.

Для тесту на відмінність, що передбачає порівняння морфологічних кодових формул загальновідомих сортів і сортів кандидатів з референсної колекції (табл. 2), застосовували кластерний аналіз. Це забез-

Таблиця 2

Порівняння кодів і ступенів прояву морфологічних ознак сортів обліпихи крушиноподібної для тесту на відмінність (2018–2021 рр.) [14]

Назва сорту	Кодова формула
'Мара'	1119717352391337533155
'Кора'	1125515733312037435257
'Надійна'	1125525332511235623255
'Клара'	1125717552511357523175
'Дора'	1127515552511357245233
'Оляна'	1129525332711237633257
'Єва'	1217525331511357223235
'Ласунка'	1223525331511237533251
'Злата'	1225525102511235623277
'Орендж Революшн'	1225525331511237643251
'Витвірня'	1225525332511235233235
'Адаптивна'	1225525532511233623257
'Особлива'	1225525552511235533257
'Морквяна'	1225527532711337543255
'Марійа Брувеле'	1227525131511255233255
'Татйана'	1245523351511255143253
'Папа'	2117525351511230000050
'Лорд'	2117725571511170000050
'Обрій'	2119725332711230000070
'Андрос'	2127515552511230000050
'Абориген'	2225525552511230000070

печило оперативність та якість пошуку подібних і відмітних ознак у межах кластерної групи.

Аналіз показників господарсько-цінних ознак плодів обліпихи крушиноподібної наведено в таблиці 3. Найвищу врожайність серед ранніх сортів мав ‘Орендж Революшн’ (20,0 т/га), з-поміж середньостиглих – ‘Марійа Брувеле’ (12,0 т/га), серед пізніх – ‘Оляна’ (12,5 т/га). Максимальною середньою масою ягід у групі ранніх характеризувався сорт ‘Дора’ (1,3 г), середньостиглих – ‘Єва’, ‘Клара’ та ‘Мара’ (по 1,0 г), пізньостиглих – ‘Кора’ (1,5 г).

Найвищий вміст вітаміну С серед ранньостиглих сортів був у ‘Дори’ (210,0 мг/100 г), з-поміж середньостиглих – у ‘Мари’ (200,0 мг/100 г), з-поміж середньопізніх – у ‘Кори’ (200,0 мг/100 г). Ягоди таких представників ранньої групи стиглості, як ‘Татйана’ та ‘Ласунка’, містили 90,0 мг/100 г вітаміну Р. Найбільше каротину в плодах у групі ранньостиглих сортів сформували ‘Татйана’ та ‘Дора’ (17,0 мг/100 г), середньостиглих – ‘Морквяна’ (22,5 мг/100 г), пізніх – ‘Кора’ (16,0 мг/100 г сирої маси).

Для оперативного опрацювання масиву показників господарсько-цінних ознак використано зручний інструмент, вбудований у пакет SPSS, а саме: технологію OLAP-аналізу (Online Analytical Processing), яка дає змогу переглядати дані в різних площинах із граничними межами відхилення показників (табл. 4).

Таблиця 3

Показники господарсько-цінних ознак сортів обліпихи крушиноподібної (2018–2021 рр.)

Назва сорту	Урожайність, т/га	Середня маса ягоди, г	Уміст у ягодах, мг/100 г сирої маси		
			вітаміну С	вітаміну Р	каротину
‘Орендж Революшн’	20,0	1,2	40,0	–*	–*
‘Татйана’	10,0	0,9	84,0	90,0	17,0
‘Дора’	4,0	1,3	210,0	23,0	17,0
‘Ласунка’	10,0	0,8	40,0	90,0	16,7
‘Єва’	9,0	1,0	72,0	90,0	12,0
‘Марійа Брувеле’	12,0	0,8	74,0	90,0	14,0
‘Надійна’	11,5	0,4	20,3	20,5	10,5
‘Клара’	5,0	1,0	180,0	21,0	17,0
‘Мара’	5,0	1,0	200,0	24,0	19,0
‘Витвірня’	10,0	0,4	65,7	80,5	15,44
‘Морквяна’	10,6	0,8	85,5	52,9	22,5
‘Адаптивна’	10,5	0,4	29,5	76,5	11,5
‘Особлива’	9,5	0,4	65,3	80,5	12,4
‘Оляна’	12,5	0,7	68,4	22,5	12,7
‘Кора’	4,0	1,5	200,0	22,0	16,0
‘Злата’	9,2	0,5	81,0	77,5	14,0
$НІР_{0,05}$	1,7	0,18	12,5	13,9	2,4

* не визначено.

Таблиця 4

Пошук граничних меж показників господарсько-цінних ознак сортів обліпихи крушиноподібної за проведення OLAP-аналізу

Назва показника	Життєва форма рослини					
	Кущ			Дерево		
	мінімум	середнє	максимум	мінімум	середнє	максимум
Урожайність, т/га	9,00	11,08	20,00	4,00	8,02	14,20
Середня маса ягід, г	0,37	0,71	1,20	0,40	0,91	1,50
Уміст у ягодах вітаміну С, мг/100 г	29,50	63,70	85,50	20,30	38,38	210,00
вітаміну Р, мг/100 г	52,90	81,79	90,00	20,50	29,07	70,50
каротину, мг/100 г	11,50	14,95	22,50	9,50	14,52	19,00

За результатами OLAP-аналізу встановлено, що середня врожайність досліджуваних сортів рослин обліпихи, які є кущами, становила 11,08 т/га, деревами – 8,02 т/га; усереднений вміст вітаміну С був 63,70 та 38,38 мг/100 г сирої маси відповідно, вітаміну Р – 81,79 та 29,07, каротину – 14,95 та 14,52 мг/100 г сирої маси відповідно.

Висновки

Морфологічний опис вегетативних і генеративних органів рослин обліпихи крушиноподібної проводили за 22 ідентифікаційними ознаками, коди яких становлять морфологічну кодову формулу сорту.

Досліджувана колекція *Hippophae rhamnoides* L. налічувала п’ять загальновідомих сортів чоловічої та 16 жіночої статі, що засвідчив розгляд морфологічних ознак.

Використання кластерного аналізу для групування сортів за морфологічними та кількісними господарсько-цінними характеристиками сприяло оперативному та якісному встановленню коду і ступеню прояву ознаки (QL, QN, PQ) під час проведення тесту на відмінність.

Унаслідок кластеризації встановлено, що сорти ‘Адаптивна’, ‘Морквяна’ та ‘Особлива’ (перший кластер) за життєвою формою є кущами з середньою кількістю колючок; ‘Дора’ та ‘Клара’ (другий кластер) – деревами; ‘Злата’ та ‘Марійа Брувеле’ (третій кластер) – кущами без або з малою кількістю колючок на пагонах і напіввертикальним положенням

гілок; 'Мара' (четвертий кластер) – деревом; 'Єва' (четвертий кластер) – кущем із вертикальним положенням гілок та малою кількістю колючок; 'Витвірня', 'Ласунка' та 'Орендж Революшн' (п'ятий кластер) – кущами; 'Надійна' та 'Оляна' (шостий кластер) – деревами з напіввертикальним положенням гілок і малою кількістю колючок на пагонах.

'Орендж Революшн', 'Татйана', 'Дора' та 'Ласунка' належать до ранньої групи стиглості; 'Єва', 'Марійа Брувеле', 'Надійна', 'Клара', 'Мара', 'Витвірня' та 'Морквяна' – до середньої; 'Адаптивна', 'Особлива', 'Оляна', 'Кора' та 'Злата' – до пізньої групи стиглості.

За результатами порівняння окремих сортів колекції виявлено, що найвищі показники врожайності мав 'Орендж Революшн'; вмісту вітаміну С – 'Дора', каротину – 'Морквяна', вітаміну Р – 'Татйана', 'Ласунка', 'Єва' та 'Марійа Брувеле'.

References

1. Mikolajko, I. I. (2014). The Winter and Frost Resistance of *Hippophae rhamnoides* L. in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, *24*(7), 74–79. [In Ukrainian]
2. Mikolajko, I. I. (2013). The cultivation seedling's of the sea buckthorn by the method of the green stem cutting with the isolated root system in the conditions of the Right-bank Forest steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, *23*(6), 214–221. [In Ukrainian]
3. Geng, Z., Wang, J., Zhu, L., Yu, X., Zhang, Q., Li, M., ... Yang, X. (2023). Metabolomics provide a novel interpretation of the changes in flavonoids during sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) drying. *Food Chemistry*, *413*, Article 135598. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.135598
4. Liu, X., Lv, M., Maimaitiyiming, R., Chen, K., Tuerhong, N., Yang, J., ... Wang, L. (2023). Development of fermented sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) juice and investigation of its antioxidant and antimicrobial activity. *Frontiers in Nutrition*, *10*, Article 1120748. doi: 10.3389/fnut.2023.1120748
5. Dilber, M., Suleyman, B., Mammadov, R., Suleyman, Z., Yavuzer, B., Gulaboglu, M., ... Suleyman, H. (2023). The role of *Hippophae rhamnoides* L. on 5-fluorouracil-induced oral mucositis in rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, *36*(5), 1443–1449.
6. Tzachristas, A., Pasvanka, K., Liouni, M., Calokerinos, A. C., Tataridis, P., & Proestos, C. (2020). Effect of *Hippophae rhamnoides* L. Leaves Treatment on the Antioxidant Capacity, Total Phenol Content and Sensory Profile of Moschofilero Wines Vinified with and without Added Sulphites. *Applied Sciences*, *10*(10), Article 3444. doi: 10.3390/app10103444
7. Korkus, E., Szustak, M., Dąbrowski, G., Czaplicki, S., Kadłubowski, S., Koziołkiewicz, M., ... Gendaszewska-Darmach, E. (2023). The insulinotropic activity of oleosomes prepared from various sea buckthorn cultivars in mouse and human pancreatic β cell lines. *NFS Journal*, *31*, 142–154. doi: 10.1016/j.nfs.2023.05.002
8. Dąbrowski, G., Czaplicki, S., Szustak, M., Cichońska, E., Gendaszewska-Darmach, E., & Konopka, I. (2022). Composition of flesh lipids and oleosome yield optimization of selected sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars grown in Poland. *Food Chemistry*, *369*, Article 130921. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130921
9. Skalski, B., Lis, B., Pecio, Ł., Kontek, B., Olas, B., Żuchowski, J., & Stochmal, A. (2019). Isorhamnetin and its new derivatives isolated from sea buckthorn berries prevent H_2O_2/Fe – Induced oxidative stress and changes in hemostasis. *Food and Chemical Toxicology*, *125*, 614–620. doi: 10.1016/j.fct.2019.02.014
10. Segliņa, D., Krasnova, I., Grygier, A., Radziejewska-Kubzdela, E., Rudzińska, M., & Górnaś, P. (2021). Unique bioactive molecule composition of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils obtained from the peel, pulp, and seeds via physical "solvent-free" approaches. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *98*(10), 1009–1020. doi: 10.1002/aocs.12524
11. Vaitkeviciene, N., Danilcenko, H., Mažeika, R., Jariene, E., Vaitkeviciene, N., Kulaitienė, J., Hallmann, E., & Blinstrubienė, A. (2019). Comparison of mineral and fatty acid composition of wild and cultivated sea buckthorn berries from Lithuania. *Journal of Elementology*, *24*(3), 1101–1113. doi: 10.5601/jelem.2019.24.1.1759
12. Moskalets, V. V., Moskalets, T. Z., Grynyk, I. V., Shevchuk, O. A., & Khodanitska, O. O. (2020). Breeding study of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in the Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine. *Horticulture*, *75*, 37–49. doi: 10.35205/0558-1125-2020-75-37-49
13. Moskalets, T. Z., Grynyk, I. V., Moskalets, V. V., Bublyk, M. O., Kniaziuk, A. V., Kravets, O. A., & Tkachuk, O. A. (2020). State and perspectives of the breeding and growing in the modern horticulture of Ukraine minor fruit and soft fruit berries crops. *Horticulture*, *75*, 58–78. doi: 10.35205/0558-1125-2020-75-58-78
14. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methodology of examination of varieties of fruit, berry, nut and grape plant varieties for distinction, homogeneity and stability* (2nd ed., pp. 499–510). Vinnytsia: N. p. [In Ukrainian]
15. Leschuk, N., Orlenko, N., Khareba, O., & Dydiv, O. (2020). The use of grouping morphological characteristics of *Lettuce varieties* L. var. *capitata* for the difference test in Ukraine. *International Journal of Botany Studies*, *5*(6), 516–522.
16. UPOV. (2012). *Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) (TG /278/1)*. Geneva: UPOV. Retrieved from https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg278.pdf
17. Puzik, L. M., & Bondarenko, V. A. (2015). Ecological stability of broccoli hybrids. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*. *Crop Production, Breeding and Seed Production, Horticulture*, *1*, 15–20. [In Ukrainian]
18. Sajedur, R. (2019). *Genetic Analysis of Leaf and Sprout Traits of Cabbage and Brussels Sprout* (MSc Thesis Plant Breeding, Wageningen). Retrieved from https://edepot.wur.nl/474618
19. Dydiv, O. Y., Khareba, V. V., Khareba, O. V., Leshchuk, N. V., Orlenko, N. S., & Orlenko, O. B. (2023). Application of cluster analysis for grouping *Brassica oleracea* var. *italica* varieties for the difference test. *Plant Varieties Studying and Protection*, *19*(4), 207–216. doi: 10.21498/2518-1017.19.4.2023.291221
20. Tyshchenko, V. M., & Dinets, O. M. (2017). The use of cluster analysis in the selection of winter wheat to search for genotypes balanced by economically useful traits. In *Collection of scientific works of the scientific and practical conference of professors and teachers* (pp. 215–217). Poltava: Editorial and publishing department of the Poltava State Agrarian Academy. [In Ukrainian]
21. Zhang, P., Guan, J.-J., Huang, Q.-M., Liu, Y.-F., & Zhang, J.-H. (2016). Phenotypic diversity of phalaenopsis based on statistic analysis and data mining. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, *281*, 486–493.
22. Compton, M. E. (1994). Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, *37*(3), 217–242. doi: 10.1007/BF00042336
23. Melnyk, A. V., Bondarchuk, I. L., & Prysiazhnyuk, O. I. (2017). Cluster analysis of yield of winter rapeseed varieties and hybrids in different agroclimatic zones of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, *1–2*, 7–12. [In Ukrainian]
24. Tyschenko, V. M., Panchenko, P. M., & Chernyshova, O. P. (2013). Identification of the sorts of breeding lines of winter wheat with respect to balanceness of quantitative characteristics using cluster analysis. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, *3*, 28–35. [In Ukrainian]

25. Orlenko, N. S., Mazhuha, K. M., Dushar, M. B., & Maslechkin, V. V. (2019). Comparative analysis of clustering methods suitable for plant varieties morphological characteristics data processing. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, *2*, 261–269. doi: 10.31210/visnyk2019.02.35 [In Ukrainian]
26. Tyshchenko, V. M. (2005). Cluster analysis as a method of individual selection of high-yield winter wheat plants in F_2. *Plant Breeding and Seed Production*, *89*, 125–137. [In Ukrainian]
27. UPOV. (2008). *Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Common sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) (TG/240/1 Rev.)*. Geneva: UPOV. Retrieved from www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg240.pdf
28. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methodology for Conducting the Examination of Varieties of Fruit, Berry, Nut, Subtropical, and Grape Crops for Suitability for Distribution in Ukraine*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. Retrieved from https://www.sops.gov.ua/uploads/page/5a5f416b7ea4b.pdf [In Ukrainian]
29. Marques de Sá, J. P. (Ed.). (2014). *Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/978-3-540-71972-4

UDC 634.74:631.526.32

Matus, V. M.*, Orlenko, N. S., Orlenko, O. B., Pavliuk, N. V., & **Mazhuha, K. M.** (2024). Grouping of sea buckthorn varieties using hierarchical agglomerative cluster analysis. *Plant Varieties Studying and Protection*, *20*(4), 202–210. https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.4.2024.321916

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Horikhuvatskyi shliakh St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: 1233valya@gmail.com*

Purpose. To determine the manifestation of a complex of sea buckthorn (*Hipporhae rhamnoides* L.) varieties characteristics using cluster analysis for grouping of identifying morphological, qualitative and quantitative economic and valuable characteristics during the test of difference. **Methods.** Analytical (analysis of the variety database), comparative evaluation of morphological and economically valuable characteristics, mathematical, statistical [using the SPSS package (Statistical Package for the Social Sciences)] Data Mining tools**. Results.** The frequency analysis of morphological characters of the collection of *H. rhamnoides* varieties was carried out. The latter were grouped by means of hierarchical agglomerative cluster analysis using variables such as plant life form, branch position and number of shoot spines. Six clusters were identified from the results. The best sea buckthorn varieties in terms of economic value were also identified in terms of maturity groups. **Conclusions.** The use of cluster analysis to group known varieties of the sea buckthorn collection by morphological and economic characteristics allows to quickly and accurately establish the code of the characteristics (QL – qualitative, QN – quantitative, PQ – pseudo-qualitative) and their difference. According to the results of the comparison, the highest yields were found in the variety 'Orange Revolution'; vitamin C content – 'Dora', carotene – 'Morkviana', vitamin P – 'Tatiana', 'Lasunka', 'Eva' and 'Marija Bruvele'.

Keywords: *Hippophae rhamnoides L.; statistical analysis; classification; variety; code; difference; cluster; feature.*

Надійшла / Received 25.10.2024
Погоджено до друку / Accepted 20.11.2024