

EXPEDIENCE OF USING SCORING ASSESSMENT  
OF QUALITY TRAITS IN LEAF LETTUCE BREEDING

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БАЛЬНОЇ ОЦІНКИ  
ЯКІСНИХ ОЗНАК В СЕЛЕКЦІЇ САЛАТУ ЛИСТКОВОГО

Serhii Kondratenko<sup>1</sup>

Yurii Tkalych<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-436-8-7>

**Abstract.** A significant reserve for increasing the efficiency of mutational breeding of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *secalina*) is the use of score (code) scales to assess the characteristics of the manifestation of quality traits that cannot be determined in physical units of measurement. **The purpose** of the experimental work is to establish the effect of a mutagenic factor ( $\gamma$ -irradiation) on the formation of qualitative traits that determine the phenotype of the leaf blade and to study the correlation between their manifestation and the manifestation of selective value quantitative traits in the created mutant generation M<sub>4</sub> of leaf lettuce. **The research methodology** is based on the application of a physical mutagenic factor to expand the genetic diversity of leaf lettuce (pre-sowing  $\gamma$ -irradiation with doses of 7, 11 and 15 kR of air-dry seeds), a point (code) assessment of the peculiarities of the manifestation of quality traits in the M<sub>4</sub> mutant generation, non-parametric criteria for the difference of the investigated biological objects, computational and analytical calculations of statistical indicators for quality features, correlation analysis. **The results** of the conducted research made it possible to differentiate  $\gamma$ -irradiation doses according to the degree of effectiveness in creating mutant lines of leaf lettuce with different degrees of genetic distance from the original form – the Divogray variety.

---

<sup>1</sup> Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow,  
Head of the Department of Breeding and Seed Production of Vegetables and Melons,  
Institute of Vegetable Growing and Melon Growing  
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine

<sup>2</sup> Candidate of Agricultural Sciences,  
Director of the Chernihiv branch,  
Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination

The peculiarities of the mutagenic effect of  $\gamma$ -irradiation on the expansion of the spectrum of genotypic variability of leaf lettuce according to 17 qualitative features that determine the phenotype of the leaf blade have been clarified. Among the lines, four (D(7) (ind. selection – 1), D(11), D-1(15) and D-2(15) were selected, in which the range of variation of the indicator "Average index of normalized values" ( $X_{med} = 0.77...1.47$ ) was within the margin of error of the average statistical value of the corresponding indicator of the Divogray variety ( $X_{med} = 1.07 \pm 0.69$ ). The exception is line D(7), which had a statistically significant deviation from the original form ( $X_{med} = 0.42 \pm 0.39$ ). The most effective mutagenic factor turned out to be a dose of  $\gamma$ -irradiation of 7 kR, because under the conditions of its use, two mutant samples were formed (D(7) and D(7) (ind. selection – 1), which had the greatest genetic distance from the Divogray variety ( $r_s = -0.45...0.40$ ). Using two doses of  $\gamma$ -irradiation, 11 kR and 15 kR, one mutant sample was obtained, D(11) and D-1(15), respectively, which also had the lowest genetic affinity with the Divogray variety ( $r_s = 0, 38...0.40$ ). It was established that a correlation of medium strength ( $r_s = -0.50...0.48$ ) of the non-parametric statistical indicator "Average index of normalized values" occurred with the levels of manifestation of such quantitative features as "Height of socket", "Width of socket" and "The number of leaves on one plant" ( $r_s = 0.48$ ). **Practical implications.** Therefore, genetically inherited phenotypic changes in the morphology of the leaf blade are most correlated with quantitative traits that determine the architecture of lettuce plants and are a structural component of the yield of mutant samples. The established, statistically reliable, correlations make it possible to forecast phenotypic changes in the mutant generation  $M_4$  and above of leaf lettuce based on the above-mentioned quantitative characteristics, which is a factor in the optimization of the breeding process. **Value/originality.** The introduction into the selection process of methods for analyzing genetic changes of qualitative traits based on point evaluation allows for a more in-depth study of the patterns of inheritance of quantitative selection-important traits within a certain genotype of a vegetable plant species, to create more objective prognostic models of the formation of approbation traits of future varieties and  $F_1$  hybrids, to create working collections of original lines with the expected predicted result of phenotypic manifestation in the offspring.

### 1. Вступ

В селекції сільськогосподарських видів рослин досить поширеною є практика використання бальної оцінки при проведенні обліків і спостережень на різних стадіях онтогенезу селекційно-цінних генотипів. Це обґрунтовано необхідністю уникнення трудомістких процедур обліку значення ознак у фізичних одиницях виміру за допомогою певного обладнання. Розробка відповідних шкал класифікації фізичних значень (класифікаторів) на класи і присвоєння їм відповідного балу дає можливість застосувати в процесі обліку значного простору окомірних оцінок і реєструвати результати в балах. За необхідності обліків чисельної кількості ознак, що викликано впровадженням адаптивної технології селекції, застосування оцінки в балах є єдиним виходом для всебічної оцінки селекційного матеріалу за відмінністю морфогенетичних процесів при індивідуальному розвитку і фенотипом ознак, які їх відображають. В цьому випадку вирішується компроміс між точністю реєстрації окремої ознаки і можливістю більш поглибленого опису селекційного матеріалу щодо відмінності за ростом, розвитком, морфогенезом, і, в кінцевому підсумку, за епігенетичними процесами, що і є об'єктом адаптивної селекції [1, с. 101].

Наряду з цим бальна оцінка дає можливість порівняльної оцінки за ознаками і властивостями, які в принципі неможливо оцінити в певних фізичних одиницях виміру. Це ознаки з нефізичними одиницями виміру, які характеризують певну інтегральну за формою відмінність, зокрема за морфотипом, інтегральними особливостями фітоценозу на конкретний етап онтогенезу. Бали таких ознак неможливо виразити у фізичних одиницях виміру за допомогою відповідних шкал класифікаторів. Прикладом цього може бути бальна оцінка ступеню прояву морфологічних ознак листя салату посівного листового (*Lactuca sativa* L. var. *secalina*) у період вегетативної фази розвитку рослин [2, с. 136].

Відмінність матеріалу за асоціацією ознак, облік яких проведено в балах, можливо оцінити за допомогою непараметричних критеріїв відмінності. Однією з вимог застосування непараметричних критеріїв до всього простору ознак є необхідність приведення їх значень до однієї одиниці виміру, яку можливо ранжирування [1, с. 99].

## 2. Переваги використання бальної оцінки для ідентифікації фенотипової різноманітності листової пластинки салату листового

Одним із етапів селекційного процесу є добір похідних джерел, який базується на комплексі ознак притаманних генотипам. Прояв їх у сортових популяціях зумовлено особливостями походження видів, змінюваністю і стабільністю проходження фізіологічних функцій рослин внаслідок взаємодії складної системи: популяція – екологічне середовище. Класифікаційні ознаки поділяються на морфологічно кількісні і якісні. Для якісних ознак характерна наявність чітко помітних альтернативних дискретних проявів, наприклад, високий і низький габітус рослин, широкий і вузький лист, довгий або округлий колосок і т.п. До кількісних ознак належать всі ознаки, які можна виміряти, підрахувати, зважити. Ці ознаки виявляють безперервну мінливість, за якої значення ознаки варіює різною мірою. Крім того, кількісні ознаки мають різні закономірності успадкування у порівнянні з якісними і виявляють сильну реакцію на умови середовища [3, с. 1]. У салату листового важливу увагу приділяють морфології молодих справжніх листків, оскільки якісні ознаки, які її визначають є стабільними, генетично закріплені і майже не варіюють під впливом чинників довкілля. Саме форми листків, нервація листової пластинки, хвилястість краю дозволили ідентифікувати перші гербарні зразки салату посівного [4, с. 3]. Морфогенез листя салату листового включає формування листової пластинки, її жилкування, форми краю та забарвлення [5, с. 4221]. На даний час існуюче структурне фенотипування листя салату листового не дозволяє точно диференціювати його компоненти. Деякі ознаки компонентів листка можна виміряти вручну, але це вимагає багато часу, праці та вносить суб'єктивну похибку дослідника під час обмірів. Розробка відповідних шкал класифікації фізичних значень якісних ознак салату листового на класи і присвоєння їм відповідного балу дає можливість застосовувати у процесі обліку значний простір одномірних оцінок і реєструвати їх в балах [6, с. 118].

Враховуючи вище сказане, авторами розділу було удосконалено методику-класифікатор проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС) салату посівного (*Lactuca sativa* L.) [7, с. 6]. У методиці-класифікаторі наведено господарсько-цінні та

морфологічні ознаки рослин видів салату посівного *Lactuca sativa* L. і його різновидів: листового (var. *secalina*), головчастого (var. *capitata*), салату – ромен (var. *longifolia*), стеблового (var. *angustana jris*), напівголовчастого (var. *acepfala* Alef.), які належать до групи зеленних (малопоширених) культур. Методика-класифікатор є основою для проведення експертизи новостворених сортів на основі визначення відмінності, однорідності і стабільності прояву їх ознак, що є головною вимогою при проведенні науково-технічної експертизи в системі державного сорто-випробування. За сучасною генетико-селекційною практикою градацію якісних ознак, які визначають морфологію листової пластинки салату листового представлено за певними ступенями прояву, яким відповідають визначені сорти-еталони. У розробленій методиці-класифікаторі для оцінки відмінності та однорідності, використовувалися коди (бали) ознак (від 1 до 9), необхідні для електронного опрацювання даних. Сукупність цих кодів складає кодову формулу сорту або селекційно-цінного зразка і використовується для формування групи подібних генотипів. Зокрема, за допомогою бальної оцінки визначаються ступені прояву 39 морфологічних ознак, результати яких додаються до заявки на передачу сорту салату листового до системи Державне сорто-випробування. Відповідні коди (бали) ступеню прояву 17 якісних ознак, які визначають морфологію, жилкування, форму краю та забарвлення листової пластинки наведено в таблиці 1 [7, с. 18].

Відмінність селекційного матеріалу за асоціацією ознак, облік яких проведено в балах, можливо, оцінити за допомогою непараметричних критеріїв відмінності [1, с. 101]. Особливо ці критерії можуть бути використані при аналізі відмінностей селекційного матеріалу за асоціацією ознак, які в сукупності відображають відповідні інтегровані властивості в проявленні макроскопічної мінливості. Зокрема, специфіки формування вегетативної сфери чи в цілому життєвої форми за певним простором ознак, які їх відображають.

### **3. Методичні аспекти створення генетичного різноманіття салату листового методом фізичного мутагенезу**

З метою розширення спектру генотипової мінливості салату листового у 2016 році на експериментальній базі Інституту овочівництва і баштництва НААН був закладений дослід з фізичного мутагенезу.

**Коди (бали) ступеня прояву ознак листка при оцінці генотипів салату на ВОС-тест у вегетативній фазі розвитку рослин**

№ з/п	Ознака	Ступінь прояву ознаки	Код (бал)
1	2	3	4
1.	Листок за формою	вузькоеліптичний	1
		еліптичний	2
		широкоеліптичний	3
		округлий	4
		обернено-широкоеліптичний	5
		обернено-вузькоеліптичний	6
		яйцевидний	7
		оберненотрикутний	8
		трикутний	9
2.	Листок: форма верхівки	гостра	1
		тупа	2
		округла	3
3.	Листок: відтінок зеленого забарвлення зовнішніх листків	відсутній	1
		жовтуватий	2
		сіруватий	3
		червонуватий	4
4.	Листок: інтенсивність забарвлення зовнішніх листків	дуже світле	1
		Світле	3
		Помірне	5
		Темне	7
		дуже темне	9
5.	Листок: антоціанове забарвлення	відсутнє	1
		наявне	9
6.	Інтенсивність антоціанового забарвлення	дуже слабка	1
		слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
		дуже сильна	9
7.	Листок: поширення антоціанового забарвлення	локалізоване	1
		суцільне	2

## Chapter «Agricultural sciences»

(Закінчення таблиці 1)

1	2	3	4
8.	Листок: тип поширення антоціанового забарвлення	тільки дифузне	1
		тільки плямами	2
		дифузне і плямами	3
9.	Листок: глясуватість з верхнього боку	відсутня або дуже слабка	1
		слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
10.	Листок: пухирчастість	відсутня або дуже слабка	1
		слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
		дуже сильна	9
11.	Листок: пухирі за розміром	малі	3
		середні	5
		великі	7
12.	Листкова пластинка: хвилястість краю	відсутня або дуже слабка	1
		слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
		дуже сильна	9
13.	Листкова пластинка: розсіченість краю верхівки	відсутня	1
		наявна	9
14.	Листкова пластинка: глибина розсіченості краю верхівки	мілка	3
		помірна	5
		глибока	7
15.	Листкова пластинка: ступінь розсіченості краю верхівки	слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
		дуже сильна	9
16.	Тільки сорт із сильною розсіченістю краю верхівки. Листкова пластинка: тип розсіченості	синусоїдна (городчаста)	1
		зубчаста	2
17.	Листкова пластинка: жилкування	невіялоподібне	1
		віялоподібне	2

Як об'єкт досліджень, в досліді використовувався сорт салату листового Дивограй селекції Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН. У якості фізичного мутагену використовувалося  $\gamma$ -опромінення, яким проводилася обробка повітряно-сухого насіння у дозах 7, 11 і 15 кілоРентген (кР). Контроль – повітряно-сухе насіння, яке не зазнало  $\gamma$ -опромінювання.

Упродовж росту і розвитку мутантних рослин проводили фенологічні спостереження, відмічали рослини зі зміненими морфологічними і фізіологічними ознаками, в наступних поколіннях проводили перевірку успадкування виділених змін. Вели облік усіх видів мутацій на кожній стадії росту і розвитку рослин протягом поколінь  $M_1$ – $M_5$ . Мутаціями вважали тільки ті зміни ознак рослин, які спадкувались у наступних поколіннях. У кожному варіанті обробляли по 1 г насіння, згідно методичних рекомендацій [8, с. 9]. Для вивчення впливу хімічного або фізичного мутагенів на рослини першого покоління ( $M_1$ ), останні висівали у польових умовах у чотирьох повтореннях. За вирощуваними рослинами велися фенологічні спостереження та біометричні обміри у вегетативній і репродуктивній фазах розвитку. Мутації виділяли шляхом візуального огляду рослин під час проходження ними основних фаз росту і розвитку. Відмічали мутації з порушенням форми листової пластинки і її забарвлення у справжніх листків, структури стебла та гілок, розмах варіювання кількісних ознак та проходження фенологічних фаз розвитку мутантних рослин порівняно з вихідними формами.

За проведеними дослідженнями, виділяли мутантні генотипи, у яких мутаційна мінливість призводила до покращення господарсько-цінних ознак. Зокрема, при аналізі фенотипу мутантних генотипів салату листового була виявлена їх відмінність від вихідних форм за асоціацією якісних ознак листової пластинки, що визначають її морфологію, жилкування, форму краю та забарвлення. Ступені прояву якісних ознак даного органу рослин салату листового визначали за «Методикою-класифікатором проведення експертизи сортів салату посівного (*Lactuca sativa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність» Українського інституту експертизи сортів рослин [7, с. 18]. Для проведення варіаційного аналізу якісних ознак, що визначають фенотип листової пластинки в роботі використовували наступні статистичні показники, запропоновані П. П. Літуном та ін. [1, с.105]: частка



ознаки у вибірці  $p_i$ ; коефіцієнт варіації якісної ознаки  $V_p$ ; – похибка вибіркової частки  $s_p$ ; коефіцієнт рангової кореляції Спірмана,  $r_s$ ; дисперсійний аналіз Фрідмана; коефіцієнт конкордації Кендала,  $W$ .

У проведених дослідженнях коефіцієнт кореляції Спірмана використовували як критерій відмінності вихідних форм і похідних від них мутантних генотипів при попарному порівнянні середніх значень ознак в експерименті [1, с. 106]. Дисперсійний аналіз Фрідмана і коефіцієнт конкордації Кендала використовували для загальної оцінки відмінності всього мутантного генофонду, одержаного від певного сортового генотипу салату листкового за асоціацією якісних ознак, що визначають фенотип листкової пластинки. Як відомо, дисперсійний аналіз Фрідмана – непараметрична альтернатива однофакторному дисперсійному аналізу. Характерна відзнака в тому, що оцінюється не відмінність за окремою ознакою, а специфічність, яка відноситься до особливостей певного мутантного генотипу за характером формування вегетативної сфери, а окремі ознаки виступають як повторні оцінки цієї особливості. Специфічну оцінку селекційного матеріалу можна отримати, також, за коефіцієнтом конкордації  $W$ . Даний коефіцієнт дає можливість отримати оцінку досліджуваного селекційного матеріалу за типом узгодженості формування всього блоку асоційованих ознак [1, с. 108].

Протягом 2018–2020 років на експериментальній базі Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН проводилося вивчення мутантних зразків салату листкового покоління  $M_3$ – $M_5$  за фенологією росту і розвитку рослин. Місце проведення – село Крути Чернігівської обл., Україна. Кожен з мутантних зразків висаджували на облікових ділянках площею 4,2–5,6 м<sup>2</sup>, при нормі висіву насіння 0,9 г/діл. Насіння висівали у відкритий ґрунт 12 квітня 2018 року, 10 квітня 2019 року та 16 квітня 2020 року. Довжина ділянки 7,5 м, ширина міжряддя 0,7 м. Повторність чотирикратна. Площа облікової ділянки 5,25 м<sup>2</sup>. Методика вирощування дослідних зразків салату листкового була загальноприйнята для зеленних овочевих культур [9, с. 586].

Мета досліджень – встановлення дії мутагенного чинника ( $\gamma$ -опромінювання) на формування якісних ознак, які визначають фенотип листкової пластинки, дослідження кореляційної залежності між їх проявом і проявом кількісних ознак у створеного мутантного покоління  $M_4$  салату листкового.

### 3. Варіабельність прояву асоціації якісних ознак

#### листяної пластинки мутантних зразків салату листкового

Передпосівна обробка насіння  $\gamma$ -опроміненням дозами 7, 11 і 15 кР дала позитивні результати. Застосування цього фізичного мутагену дало можливість отримати 5 індукованих мутантів, які були відмінними за фенотипом, ростом і розвитком від вихідного сорту Дивограй (к-7398) (табл. 2).

Таблиця 2

#### Мутантні генотипи салату листкового, похідні від сорту Дивограй, одержані в результаті дії $\gamma$ -опромінення

№ з/п	Регламент застосування	Закодована назва генотипу
1.	передпосівна обробка насіння дозою 7 кР	Д(7) (к-7398)
2.		Д(7) (інд. добір – 1) (к-7399)
3.	передпосівна обробка насіння дозою 11 кР	Д(11) (к-7403)
4.	передпосівна обробка насіння дозою 15 кР	Д-1(15) (к-7408(1))
5.		Д-2(15) (к-7408(2))

Аналіз якісних ознак мутантних зразків було проведено в 2019 році на мутантному поколінні  $M_4$ . На даний час за ступенем генетичної вирівняності якісних і кількісних ознак дане покоління мало генетичний статус вже сформованих мутантних ліній. У таблиці 3 для кожного мутантного зразка наведено зображення листкової розетки та детальний морфологічний опис листкової пластинки рослин, які знаходилися у вегетаційній фазі розвитку. Морфологічний аналіз листя виявив існуючі відмінності у мутантних зразків порівняно з вихідною формою, які стосувалися морфології, жилкування, форми краю та забарвлення листкової пластинки. З урахуванням бальної оцінки ступеню прояву асоціації якісних ознак, які визначають фенотип листкової пластинки проведено диференціацію утворених мутантних генотипів залежно від дії мутагенного фактору (табл. 4).

У таблиці 5 представлено обчислення ступеню прояву 17 якісних ознак, які визначають фенотип листкової пластинки об'єднаної популяції генотипів, яка складалася з мутантних зразків і вихідної форми. Основні статистичні показники: частка ознаки у вибірці ( $p$ ); коефіцієнт варіації якісної ознаки ( $V_p$ ).

**Фенотиповий прояв мутантних форм салату листового покоління М<sub>4</sub> у вегетативній фазі росту рослин, похідних від сорту Дивограй (к-7360), 2019 р.**

Назва зразка	Зовнішній вигляд листової розетки	Морфологічний опис рослин
1	2	3
Вихідна форма – сорт Дивограй (к-7360)		<p>Листкова пластинка за розсіченістю краю не розсічена, цільна, за діаметром середня. За товщиною листок середній. За положенням листки прямостоячі. За формою листок оберненотрикутний. Форма верхівки листка округла. Листки зелені з жовтуватим відтінком, інтенсивність забарвлення зовнішніх листків помірна; антоціанове забарвлення на листку відсутнє. Глянсуватість листка з верхнього боку сильна. Пухирчастість листової пластинки помірна, за розміром пухирці середні. Хвилястість краю листової пластинки сильна, розсіченість краю верхівки наявна, глибина розсіченості мілка, ступінь розсіченості краю верхівки слабка. Жилкування листової пластинки невялоподібне.</p>
Д(7) (к-7398)		<p>Листкова пластинка за розсіченістю краю не розсічена, цільна, за діаметром середня. За товщиною листок середній. За положенням листки прямостоячі. За формою листок еліптичний. Форма верхівки листка тупа. Листки зелені, інтенсивність забарвлення зовнішніх листків помірна; антоціанове забарвлення на листку відсутнє. Глянсуватість листка з верхнього боку відсутня або дуже слабка. Пухирчастість листової пластинки дуже слабка, за розміром пухирці малі. Хвилястість краю листової пластинки відсутня або дуже слабка, розсіченість краю верхівки відсутня. Жилкування листової пластинки невялоподібне.</p>

(Продовження таблиці 3)

1	2	3
<p>Д(7) (інд. добір – 1) (к-7399)</p>		<p>Листкова пластинка за розсіченістю краю не розсічена, цільна, за діаметром середня. За товщиною листок середній. За положенням листки прямостоячі. За формою листок вузькооберненотрикутний. Форма верхівки листка округла. Листки зелені, інтенсивність забарвлення зовнішніх листків помірна; антоціанове забарвлення на листку наявне, інтенсивність антоціанового забарвлення дуже слабка, поширення антоціанового забарвлення на листку локалізоване, тип поширення антоціанового забарвлення – тільки дифузне. Глянсуватість листка з верхнього боку слабка. Пухирчатість листкової пластинки слабка, за розміром пухирці середні. Хвилястість краю листкової пластинки слабка, розсіченість краю верхівки наявна, глибина розсіченості мілка, ступінь розсіченості краю верхівки слабка. Жилкування листкової пластинки невялоподібне.</p>
<p>Д(11) (к-7403)</p>		<p>Листкова пластинка за розсіченістю краю не розсічена, цільна, за діаметром середня. За товщиною листок середній. За положенням листки прямостоячі. За формою листок еліптичний. Форма верхівки листка округла. Листки зелені, інтенсивність забарвлення зовнішніх листків помірна; антоціанове забарвлення на листку відсутнє. Глянсуватість листка з верхнього боку помірна. Пухирчатість листкової пластинки слабка, за розміром пухирці малі. Хвилястість краю листкової пластинки слабка, розсіченість краю верхівки наявна, глибина розсіченості помірна, ступінь розсіченості краю верхівки помірна. Жилкування листкової пластинки невялоподібне.</p>

1	2	3
Д-1(15) (к-7408(1))		<p>Листкова пластинка за розсіченістю краю не розсічена, цільна, за діаметром середня. За товщиною листок середній. За положенням листки прямостоячі. За формою листок еліптичний. Форма верхівки листка тупа. Листки зелені, інтенсивність забарвлення зовнішніх листків темна; антоціанове забарвлення на листку відсутнє. Глянсуватість листка з верхнього боку слабка. Пухирчастість листкової пластинки слабка, за розміром пухирці середні. Хвилястість краю листкової пластинки слабка, розсіченість краю верхівки наявна, глибина розсіченості мілка, ступінь розсіченості краю верхівки слабка. Жилкування листкової пластинки невіялоподібне.</p>
Д-2(15) (к-7408(2))		<p>Листкова пластинка за розсіченістю краю не розсічена, цільна, за діаметром середня. За товщиною листок середній. За положенням листки прямостоячі. За формою листок вузькоеліптичний. Форма верхівки листка тупа. Листки зелені з червонуватим відтінком, інтенсивність забарвлення зовнішніх листків світла; антоціанове забарвлення на листку наявне, інтенсивність антоціанового забарвлення слабка, поширення антоціанового забарвлення на листку локалізоване, тип поширення антоціанового забарвлення – тільки дифузне. Глянсуватість листка з верхнього боку слабка. Пухирчастість листкової пластинки відсутня. Хвилястість краю листкової пластинки слабка, розсіченість краю верхівки наявна, глибина розсіченості мілка, ступінь розсіченості краю верхівки помірна. Жилкування листкової пластинки невіялоподібне.</p>

Таблиця 4  
**Фенотиповий прояв якісних ознак листка мутантних генотипів, похідних від сорту салату листкового Дивограй (к-7360) залежно від дії мутагенного чинника (аналіз покоління М4, 2019 р.)**

Забарвлення листової пластинки (бал)	листок: тип поширення антоціанового забарвлення	19	відсутнє (0)
	листок: поширення антоціанового забарвлення	18	відсутнє (0)
	інтенсивність антоціанового забарвлення	17	відсутнє (0)
	листок: антоціанове забарвлення	16	відсутнє (1)
	листок: інтенсивність забарвлення зовнішніх листків	15	помірна (5)
	листок: відтінок зеленого забарвлення	14	жовтуватий (2)
Форму краю листової пластинки (бал)	листова пластинка: ступінь розсіченості краю верхівки	13	слабка (3)
	листова пластинка: глибина розсіченості краю верхівки	12	мілка (3)
	листова пластинка: розсіченість краю верхівки	11	наявна (9)
	листова пластинка: хвилястість краю	10	сильна (7)
Морфологія листової пластинки та жилкування (бал)	листова пластинка: жилкування	9	невіялоподібне (1)
	листок: пухирі за розміром	8	середні (5)
	листок: пухирчастість	7	помірна (5)
	листок: глянеуватість з верхнього боку	6	сильна (7)
	листок форма верхівки	5	округла (3)
	листок за формою	4	обернотрикутний (8)
	листова пластинка: за розсіченістю краю	3	нерозсічена (1)
Мутантний генотип		2	сорт Дивограй
Мутагенний чинник		1	вихідна форма

## Chapter «Agricultural sciences»

відсутнє (0)	тільки дифузне (1)	відсутнє (0)	відсутнє (0)	тільки дифузне (1)
відсутнє (0)	локалізоване (1)	відсутнє (0)	відсутнє (0)	локалізоване (1)
відсутнє (0)	дуже слабка (1)	відсутнє (0)	відсутнє (0)	слабка (3)
відсутнє (1)	наявне (9)	відсутнє (1)	відсутнє (1)	наявне (9)
помірне (5)	помірне (5)	помірне (5)	темне (7)	світле (3)
відсутній (1)	відсутній (1)	відсутній (1)	відсутній (1)	червонуватий (4)
відсутнє (0)	слабка (3)	помірна (5)	слабка (3)	помірна (5)
відсутнє (0)	мілка (3)	помірна (5)	мілка (3)	мілка (3)
відсутнє (1)	наявна (9)	наявна (9)	наявна (9)	наявна (9)
відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	слабка (3)	слабка (3)	слабка (3)
невіялоподібне (1)	невіялоподібне (1)	невіялоподібне (1)	невіялоподібне (1)	невіялоподібне (1)
малі (3)	середні (5)	малі (3)	середні (5)	відсутнє (0)
відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	слабка (3)	слабка (3)	відсутня або дуже слабка (1)
відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	помірна (5)	слабка (3)	слабка (3)
тупа (2)	округла (3)	округла (3)	тупа (2)	тупа (2)
еліптичний (2)	вузькообернено-трикутна (8)	еліптичний (2)	еліптичний (2)	вузькоеліптичний (1)
нерозсічена (1)	нерозсічена (1)	нерозсічена (1)	нерозсічена (1)	нерозсічена (1)
Д(7)	Д(7) (інд. добір – 1)	Д(11)	Д-1(15)	Д-2(15)
γ-опромінення дозою 7 кР	γ-опромінення дозою 7 кР	γ-опромінення дозою 11 кР	γ-опромінення дозою 15 кР	γ-опромінення дозою 15 кР

Встановлено, що ознака «Розсіченість краю листової пластинки» у всієї проаналізованої вибірки генотипи салату листового мала тільки ступінь прояву, що відповідає балу 1, відповідно до таблиці 5. Частка прояву даної ознаки у вибірці становила:  $p_i = 1,0 \pm 0,24$ . Коефіцієнт варіації якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 100\%$ .

Ознака «Форма листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 1, 2 і 8 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,07$ ;  $0,50 \pm 0,07$ ;  $0,33 \pm 0,07$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 90,86\%$ .

Таблиця 5

**Загальні показники мінливості якісних ознак листової пластинки популяції рослин салату листового, яка поєднує як мутантні зразки, так і вихідну форму – сорт Дивограй (к-7360)**

Ознака		Ступінь прояву ознаки, бал	Кількість генотипів з даною ознакою, $f$	Частка ознаки у вибірці ( $p_i$ )	Коефіцієнт варіації якісної ознаки ( $V_p$ ), %
1	2	3	4	5	6
Морфологія листової пластинки та жилкування	Листкова пластинка: за розсіченістю краю	1	6	$1,0 \pm 0,24$	100,0
	Листок за формою	1	1	$0,17 \pm 0,07$	90,86
		2	3	$0,50 \pm 0,07$	
		8	2	$0,33 \pm 0,07$	
	Листок форма верхівки	2	3	$0,50 \pm 0,12$	100
		3	3	$0,50 \pm 0,12$	
	Листок: глянсуватість з верхнього боку	1	1	$0,17 \pm 0,05$	87,74
		3	3	$0,50 \pm 0,05$	
		5	1	$0,17 \pm 0,05$	
		7	1	$0,17 \pm 0,05$	
	Листок: пухирчатість	1	2	$0,33 \pm 0,07$	90,86
		3	3	$0,50 \pm 0,07$	
		5	1	$0,17 \pm 0,07$	
	Листок: пухирі за розміром	0	1	$0,17 \pm 0,07$	90,86
		3	2	$0,33 \pm 0,07$	
5		3	$0,50 \pm 0,07$		



Chapter «Agricultural sciences»

(Закінчення таблиці 5)

1	2	3	4	5	6
	Листкова пластинка: жилкування	1	6	$1,0 \pm 0,24$	100,0
Форма краю листкової пластинки	Листкова пластинка: хвилястість краю	1	1	$0,17 \pm 0,06$	79,37
		3	4	$0,67 \pm 0,06$	
		7	1	$0,17 \pm 0,06$	
	Листкова пластинка: розсіченість краю верхівки	1	1	$0,17 \pm 0,09$	74,54
9		5	$0,83 \pm 0,09$		
Форма краю листкової пластинки	Листкова пластинка: глибина розсіченості краю верхівки	0	1	$0,17 \pm 0,06$	79,37
		3	4	$0,67 \pm 0,06$	
		5	1	$0,17 \pm 0,06$	
	Листкова пластинка: ступінь розсіченості краю верхівки	0	1	$0,17 \pm 0,07$	90,86
		3	3	$0,50 \pm 0,07$	
		5	2	$0,33 \pm 0,07$	
Забарвлення листкової пластинки	Листок: відтінок зеленого забарвлення	1	4	$0,67 \pm 0,06$	79,37
		2	1	$0,17 \pm 0,06$	
		4	1	$0,17 \pm 0,06$	
	Листок: Інтенсивність забарвлення зовнішніх листків	3	1	$0,17 \pm 0,06$	79,37
		5	4	$0,67 \pm 0,06$	
		7	1	$0,17 \pm 0,06$	
	Листок: антоціанове забарвлення	1	4	$0,67 \pm 0,11$	94,28
		9	2	$0,33 \pm 0,11$	
	Інтенсивність антоціанового забарвлення	0	4	$0,67 \pm 0,06$	79,37
		1	1	$0,17 \pm 0,06$	
		3	1	$0,17 \pm 0,06$	
	Листок: поширення антоціанового забарвлення	0	4	$0,67 \pm 0,11$	94,28
		1	2	$0,33 \pm 0,11$	
	Листок: тип поширення антоціанового забарвлення	0	4	$0,67 \pm 0,11$	94,28
1		2	$0,33 \pm 0,11$		

Ознака «Глянсуватість з верхнього боку листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з чотирма різними ступенями прояву, які відповідають балам 1, 3, 5 і 7 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,05$ ;  $0,50 \pm 0,05$ ;  $0,17 \pm 0,05$ ;  $0,17 \pm 0,05$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 87,74 \%$ .

Ознака «Пухирчатість листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 1, 3 і 5 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,33 \pm 0,07$ ;  $0,50 \pm 0,07$ ;  $0,17 \pm 0,07$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 90,86 \%$ .

Ознака «Пухири за розміром на листовій пластинці» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 0, 3 і 5 таблиці 5. Частка ознак у вибірці відповідно становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,07$ ;  $0,33 \pm 0,07$ ;  $0,50 \pm 0,07$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 90,86 \%$ .

Ознака «Жилкування листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з одним ступенем прояву, яка відповідає балу 1 таблиці 5. Частка ознак у вибірці відповідно становила ( $p_i$ ):  $1,0 \pm 0,24$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 100,0 \%$ .

Ознака «Хвилястість краю листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 1, 3 і 7 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,06$ ;  $0,67 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 79,37 \%$ .

Ознака «Розсіченість краю верхівки листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з двома різними ступенями прояву, які відповідають балам 1 і 9 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,09$ ;  $0,83 \pm 0,09$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 74,54 \%$ .

Ознака «Глибина розсіченості краю верхівки листової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 0, 3 і 5 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,06$ ;  $0,67 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 90,86 \%$ .

Ознака «Ступінь розсіченості краю верхівки листкової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 0, 3 і 5 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,07$ ;  $0,50 \pm 0,07$ ;  $0,33 \pm 0,07$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 90,86 \%$ .

Ознака «Відтінок зеленого забарвлення листкової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 1, 2 і 4 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,67 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 79,37 \%$ .

Ознака «Інтенсивність забарвлення зовнішніх листків» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 3, 5 і 7 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,17 \pm 0,06$ ;  $0,67 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 79,37 \%$ .

Ознака «Антоціанове забарвлення листкової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з двома різними ступенями прояву, які відповідають балам 1 і 9 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,67 \pm 0,11$ ;  $0,33 \pm 0,11$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 94,28 \%$ .

Ознака «Інтенсивність антоціанового забарвлення листкової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 0, 1 і 3 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,67 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ ;  $0,17 \pm 0,06$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 79,37 \%$ .

Ознака «Поширення антоціанового забарвлення листкової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з двома різними ступенями прояву, які відповідають балам 0 і 1 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,67 \pm 0,11$ ;  $0,33 \pm 0,11$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 94,28 \%$ .

Ознака «Тип поширення антоціанового забарвлення листкової пластинки» у дослідженій популяції генотипів салату листкового зустрічалася з двома різними ступенями прояву, які відповідають балам 0 і 1 таблиці 5. Частка ознак у вибірці становила ( $p_i$ ):  $0,67 \pm 0,11$ ;  $0,33 \pm 0,11$ . Коефіцієнт варіації даної якісної ознаки дорівнював:  $V_p = 94,28 \%$ .

Таким чином, проведений аналіз сумарної вибірки популяції рослин салату листового, яка поєднує як сорт Дивограй (к-7360), так і похідні від нього мутантні генотипи засвідчив помірний рівень генетичного різноманіття за ступенем прояву якісних ознак, які визначають фенотип листової пластинки. За умов дії різних мутагенних чинників коефіцієнт варіації якісних ознак був в межах 74,54–100,0 %. Серед досліджених 17 якісних ознак, які визначають фенотип листової пластинки 1 ознака мала 4 ступенів прояву, 9 ознак – 3 ступеню прояву, 5 ознак – 2 ступеню прояву, 2 ознаки – 1 ступень прояву.

В результаті індукованого мутагенезу найбільшої варіабельності за проявом зазнала ознака «Глянсуватість з верхнього боку листової пластинки», практично не змінилася за проявом 2 ознаки «Розсіченість краю листової пластинки» і «Жилкування листової пластинки». Група з 7 ознак, що визначають морфологію листової пластинки та її жилкування мала 17 ступенів прояву. Група з 6 ознак, які визначають забарвлення листової пластинки мала 15 ступенів прояву. Група з 4 ознак, які визначають форму краю листової пластинки відзначилася 11 ступенями прояву.

Однією з вимог застосування непараметричних критеріїв до всього простору ознак є необхідність приведення їх значень до однієї одиниці виміру, яку можливо ранжирування [1, с. 99]. У розробленій методиці-класифікаторі для опису певних якісних ознак, що виражають фенотип листової пластинки використовувалися різні інтервали варіювання балів: {1; 2}; {1; 3}; {1; 4}; {1; 7}; {3; 7}; {1; 9}. При чому відсутність фенотипового прояву ознаки позначалося нульовим балом. Для приведення бальних шкал до однієї одиниці виміру використовувався розрахунок індексу нормованих значень. Облік асоціації якісних ознак, що виражають фенотип листової пластинки у мутантних ліній не за їх первинною бальною шкалою, а за розрахунковими індексами нормованих значень наведено у таблиці 6.

Оцінку відмінності мутантних форм та вихідної форми – сорту салату листового Дивограй (к-7360) за якісними ознаками проводили, також, за допомогою рангового дисперсійного аналізу Фрідмана, коефіцієнту конкордації Кендала та коефіцієнту рангової кореляції Спірмана. Результати розрахунків вище вказаних статистичних показників мінливості якісних ознак зведені в таблиці 7. На рисунку 1 відображено діаграму за результатами рангового дисперсійного аналізу Фрі-

дмана. Одержані дані засвідчили відмінність між вихідною формою і похідними від неї мутантними генотипами за морфогенезом асоціації ознак, які визначають фенотип листкової пластинки.

Таблиця 6

**Індекси нормованих значень якісних ознак листкової пластинки мутантних ліній та вихідної форми – сорту салату листкового Дивограй (покоління M<sub>4</sub>, 2019 р.)**

Фенотипова ознака	Мутантні лінії					
	Сорт Дивограй	Д(7)	Д(7) (інд. добір – 1)	Д(11)	Д-1(15)	Д-2(15)
<i>Розбіжності за морфологією листкової пластинки та жилкування</i>						
розсіченість краю	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
листок за формою	2,09	0,52	2,09	0,52	0,52	0,26
форма верхівки	1,20	0,80	1,20	1,20	0,80	0,80
глянсуватість з верхнього боку	1,91	0,27	0,82	1,36	0,82	0,82
пухирчастість	1,88	0,38	1,13	1,13	1,13	0,38
пухирі за розміром	1,43	0,86	1,43	0,86	1,43	0,0
Жилкування	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Розбіжності за формою краю листкової пластинки</i>						
хвилястість краю	2,10	0,30	0,90	0,90	0,90	0,90
розсіченість краю верхівки	1,17	0,13	1,17	1,17	1,17	1,17
глибина розсіченості краю верхівки	1,06	0,0	1,06	1,76	1,06	1,06
ступінь розсіченості краю верхівки	0,95	0,0	0,95	1,58	0,95	1,58
<i>Розбіжності за забарвленням листкової пластинки</i>						
відтінок зеленого забарвлення	1,20	0,60	0,60	0,60	0,60	2,40
інтенсивність забарвлення зовнішніх листків	1,0	1,0	1,0	1,0	1,40	0,60
антоціанове забарвлення	0,27	0,27	2,45	0,27	0,27	2,45
інтенсивність антоціанового забарвлення	0,0	0,0	1,50	0,0	0,0	4,50
поширення антоціанового забарвлення	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0
тип поширення антоціанового забарвлення	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0

**Визначення методами непараметричної статистики особливостей прояву асоціації якісних ознак, які визначають морфологію, жилкування, форму краю та забарвлення листкової пластинки мутантних форм, похідних від сорту салату листкового Дивограй (к-7360)**

№ з/п	Мутантний зразок	Результати рангового дисперсійного аналізу Фрідмана <sup>1</sup>				Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена <sup>2</sup> , $r_s$
		Середній ранг	Сума рангів ( $S_i$ )	Середній індекс нормованих значень ( $X_{med}$ )	Середньо квадратичне відхилення для вибірки, ( $\sigma_s$ )	
1.	Сорт Дивограй	4,09	69,50	1,07	0,69	-
2.	Д(7)	2,18	37,0	0,42	0,39	0,40
3.	Д(7) (інд. добір – 1)	4,18	71,0	1,43	0,75	-0,45
4.	Д(11)	3,62	61,50	0,84	0,54	0,38
5.	Д-1(15)	3,32	56,50	0,77	0,47	0,40
6.	Д-2(15)	3,62	61,50	1,47	1,20	-0,78

## Примітки:

1. Результати розрахунку коефіцієнту конкордації Кендала ( $W$ ):  $W = 0,23$ , обчислення критерію Хі-квадрат наступні  $\chi^2_{\text{експ.}} = 19,37$  і  $\chi^2_{\text{табл.}} = 11,07$ , тобто  $\chi^2_{\text{експ.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ , таким чином значимість коефіцієнту конкордації  $W$  суттєва на 5 %-му рівні значущості; середнє рангових кореляцій  $r = 0,18$ .

2. У колонці вказані значення парних коефіцієнтів кореляції Спірмана між вихідною формою і мутантними генотипами, похідними від даної форми; жирним шрифтом виділені значення коефіцієнту кореляції Спірмана, які є суттєвими на 5 %-му рівні значущості.

Як свідчать результати дисперсійного аналізу Фрідмана, порівняння суми рангів ( $S_i$ ) з експериментальним значенням критерію  $\chi^2_{\text{експ}}$  дає підстави стверджувати про наявність існуючих відмінностей між мутантними і вихідною формами, оскільки виконується нерівність  $S_i > \chi^2_{\text{експ}}$  за всіма проаналізованими мутантними генотипами салату листкового. В нашому випадку  $\chi^2_{\text{експ}} = 19,37$ , у той час як розмах варіювання показника «Сума рангів ( $S_i$ )» становить 37,0÷71,0, тобто в досліді мають місце, експериментально доведені, відмінності між мутант-

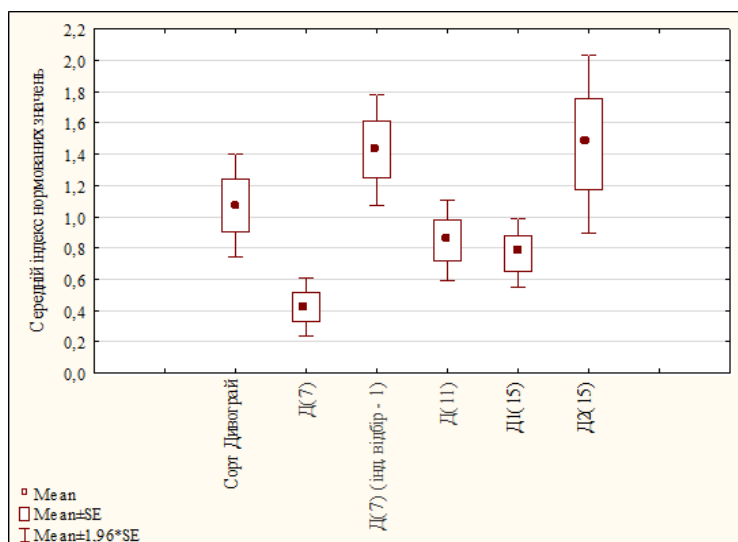
ними і вихідною формами за досліджуваною асоціацією якісних ознак (табл. 7). При цьому розрахунок коефіцієнту конкордації Кендала ( $W = 0,23$ ) засвідчив наявність незначної узгодженості морфогенетичних процесів, які передували блоку сформованих асоційованих ознак та наявність суттєвої специфічності за ними.

Значення парних коефіцієнтів кореляції Спірмана між вихідною формою і мутантними генотипами варіювали в межах  $-0,78 < r_s < 0,40$ , майже усі значення коефіцієнтів виявилися статистично не достовірні на рівні значущості  $p > 0,05$  %. Виняток мутантний зразок Д-2(15) (к-7408(2)) (табл. 7).

Серед дослідженої вибірки мутантних генотипів виділено чотири – Д(7) (інд. добір – 1) (к-7399), Д(11) (к-7403), Д-1(15) (к-7408(1)) і Д-2(15) (к-7408(2)), у яких розмах варіювання показника «Середній індекс нормованих значень» ( $X_{med} = 0,77...1,47$ ) був в межах похибки середньостатистичного значення відповідного показника вихідної форми – сорту Дивограй (к-7360) ( $X_{med} = 1,07 \pm 0,69$ ). Один зразок Д(7) (к-7398) вирізнявся тим, що мав варіювання даного показнику, яке виходило за межі похибки варіювання даного показнику вихідної форми ( $X_{med} = 0,42 \pm 0,39$ ) (рис. 1). Виявлені розбіжності за розмахом варіювання вищевказаного показника добре узгоджувалися з величиною коефіцієнту кореляції Спірмана ( $r_s$ ). Тобто, даний мутантний зразок мав один з найменших за силою кореляційних зв'язків із сортом Дивограй (к-7360) ( $r_s = 0,40$ ), що свідчить про його найбільшу віддаленість від вихідної форми за асоціацією якісних ознак, що визначають фенотип листової пластинки.

Як свідчать дані таблиці 7 найбільш ефективним мутагенним чинником виявилася доза  $\gamma$ -опромінення 7 кР, оскільки за умов її використання утворилося два мутанти зразки (Д(7) (к-7398) і Д(7) (інд. добір – 1) (к-7399), які мали низьку спорідненість з вихідним сортом ( $r_s = -0,45...0,40$ ).

В результаті дії  $\gamma$ -опромінення дозою 11 кР одержано один індукований мутант Д(11) (к-7403), який за силою кореляційного зв'язку мав найменшу спорідненість із вихідною формою ( $r_s = 0,38$ ). За дії  $\gamma$ -опромінення дозою 15 кР одержано два індукованих мутанти з різною генетичною спорідненістю за досліджуваними якісними ознаками до вихідної форми. Серед них зразок Д-1(15) (к-7408(1)) був більш гене-



**Рис. 1.** Діаграма порівняльної оцінки мутантних форм салату листкового, похідних від сорту Дивограй (к-7360) за асоціацією ознак, які визначають морфологію, жилкування, форму краю і забарвлення листової пластинки (покоління  $M_4$ , дані 2019 р.)

тично віддаленим ( $r_s = 0,40$ ), а зразок Д-2(15) (к-7408(2)), навпаки, більш спорідненим ( $r_s = -0,78$ ) (табл. 7). Важливим напрямом мутаційної селекції салату листкового є встановлення кореляційних взаємовідносин між проявом якісних і кількісних ознак у створених мутантних ліній. Наступний підрозділ присвячений цьому питанню.

#### **4. Кореляційні зв'язки між асоціацією якісних ознак, які визначають фенотип листової пластинки та селекційно важливими кількісними ознаками дослідженої вибірки генотипів салату листкового**

Використання в селекційному процесі коефіцієнтів лінійної кореляції ефективне, якщо між ознаками існує близька до прямолінійної залежність або величина коефіцієнта кореляції досить велика [11, с. 135]. Після встановлення особливостей прояву якісних ознак,



які визначають фенотип листової пластинки був проведений кореляційний аналіз між цими ознаками та цінними для селекційного процесу кількісними ознаками, які, по суті, є відображенням морфо-фізіологічних показників росту рослин як вихідної, так і мутантних форм салату листового.

Всього в кореляційному аналізі були задіяні 7 кількісних ознак: «Висота розетки»; «Ширина розетки», «Кількість листків на одній рослині» «Середня довжина листка», «Середня ширина листка», «Маса однієї рослини», «Урожайність». Інтегральним критерієм варіабельності якісних ознак для певного зразку салату листового був показник «Середній індекс нормованих значень». Під час проведення кореляційного аналізу цей показник порівнювався з відповідними кількісними ознаками рослин цього ж зразку салату листового. Для аналізу використовувалися не тільки мутантні зразки, але й вихідну форму – сорт Дивограй (к-7360). Тобто при формуванні первинної бази даних для проведення кореляційного аналізу до блоку порівняльних відповідних показників якісних і кількісних ознак мутантних зразків були додані відповідні дані по вихідній формі. Базу первинних даних кількісних ознак було одержано за результатами трьохрічних (2018–2020 років) біометричних вимірювань у польових умовах морфо-фізіологічних показників росту рослин салату листового як вихідної форми, так і похідних від неї мутантних зразків покоління  $M_3-M_5$ .

Дані з кореляційного аналізу зведені в таблиці 8. Як свідчать отримані результати між інтегральним показником фенотипового прояву якісних ознак «Середнім індексом нормованих значень» і кількісними ознаками рослин досліджуваної вибірки зразків салату листового виявлені статистично достовірні кореляційні зв'язки.

Зокрема, статистично достовірними виявилися середньої сили кореляційні зв'язки між показником «Середній індекс нормованих значень» і рівнями прояву наступних кількісних ознак: «Висота розетки» ( $r_s = 0,51$ ); «Ширина розетки» ( $r_s = -0,50$ ), «Кількість листків на одній рослині» ( $r_s = 0,48$ ). Тобто, генетично спадковані фенотипові зміни морфології листової пластинки найбільше корелюють з кількісними ознаками, які визначають архітектоніку рослин салату листового. Ознака «Кількість листків на одній рослині» є структурним компонентом урожайності рослин. При цьому, позитивне значення коефіцієнта

рангової кореляції Спірмана ( $r_s$ ) між цією кількісною ознакою і показником «Середній індекс нормованих значень» свідчить про пропорційне зростання кількості листя залежно від змін його фенотипу, яке було індуковане мутагенним чинником (табл. 8).

Таблиця 8

**Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена ( $r_s$ ) між ступенем прояву асоціацій якісних ознак, що визначають фенотип листкової пластинки та кількісними ознаками рослин салату листкового\***

Кількісні ознаки	Висота розетки	Ширина розетки	Кількість листків на одній рослині	Середня довжина листка	Середня ширина листка	Маса однієї Рослини	Урожайність
Генотипи салату листкового							
Сорт Дивограй (к-7360) та похідні від нього 5 мутантних генотипів	<b>0,51</b>	<b>-0,50</b>	<b>0,48</b>	0,31	0,18	-0,35	-0,37

Примітка: \* – жирним шрифтом виділені коефіцієнти кореляції Спірмена ( $r_s$ ) на рівні значущості  $p < 0,05$ .

Серед проаналізованої групи мутантних генотипів салату листкового проведений кореляційний аналіз виявив статистично недостовірні, слабкі і середньої сили, кореляційні зв'язки між показником «Середній індекс нормованих значень» і такими кількісними ознаками, які є структурними компонентами урожайності: «Середня довжина листка»; «Середня ширина листка»; «Маса однієї рослини» ( $r_s = -0,37...0,18$ ) (табл. 8).

У кінцевому підсумку, встановлені, статистично достовірні, кореляційні зв'язки між досліджуваними якісними і кількісними ознаками дозволяють проводити прогноз архітектоніки мутантних рослин та визначати потенційно високопродуктивні мутантні лінії салату листкового.

## 5. Висновки

Значним резервом підвищення ефективності мутаційної селекції салату посівного листового (*Lactuca sativa* L. var. *secalina*) є використання бальних (кодових шкал для оцінки особливостей прояву якісних ознак, які неможливо визначити у фізичних одиницях виміру).

Результати проведених досліджень дозволили провести диференціацію доз  $\gamma$ -опромінювання за ступенем ефективності щодо створення мутантних ліній салату листового з різним ступенем генетичної віддаленості від вихідної форми – сорту Дивограй. З'ясовано особливості мутагенної дії  $\gamma$ -опромінювання на розширення спектру генотипової мінливості салату листового за 17 якісними ознаками, які визначають фенотип листової пластинки. Аналіз сумарної вибірки популяції рослин салату листового, яка поєднує сорт Дивограй, так і похідні від нього 5 мутантних генотипів засвідчив не значний рівень ступенів прояву якісних ознак, які визначають фенотип листової пластинки. За умов дії різних мутагенних чинників коефіцієнт варіації якісних ознак був в межах 74,54–100,0 %. Найбільшої варіабельності за проявом зазнала ознака «Глянсуватість з верхнього боку листової пластинки».

Серед ліній виділено чотири – Д(7) (інд. добір – 1), Д(11), Д-1(15) і Д-2(15), у яких розмах варіювання показника «Середній індекс нормованих значень» ( $X_{med} = 0,77...1,47$ ) був в межах похибки середньостатистичного значення відповідного показника сорту Дивограй ( $X_{med} = 1,07 \pm 0,69$ ). Виняток, лінія Д(7), яка мала статистично достовірне відхилення від вихідної форми ( $X_{med} = 0,42 \pm 0,39$ ). Найбільш ефективним мутагенним чинником виявилася доза  $\gamma$ -опромінення 7 кР, оскільки за умов її використання утворилося два мутанти зразки Д(7) і Д(7) (інд. добір – 1), які мали найбільшу генетичну віддаленість від сорту Дивограй ( $r_s = -0,45...0,40$ ). За використання двох доз  $\gamma$ -опромінювання, 11 кР і 15 кР, одержано по одному мутантному зразку, Д(11) і Д-1(15), відповідно, які, також, мали найменшу генетичну спорідненість із сортом Дивограй ( $r_s = 0,38...0,40$ ). Встановлено, що середньої сили кореляційний зв'язок ( $r_s = -0,50...0,48$ ) непараметричного статистичного показника «Середній індекс нормованих значень» мав місце з рівнями прояву таких кількісних ознак як «Висота розетки», «Ширина розетки» та «Кількість листків на одній рослині» ( $r_s = 0,48$ ).

Отже, генетично успадковані фенотипові зміни морфології листкової пластинки найбільше корелюють з кількісними ознаками, які визначають архітектоніку рослин салату листового та є структурним компонентом урожайності мутантних зразків. Встановлені, статистично достовірні, кореляційні зв'язки дозволяють проводити прогноз фенотипових змін у мутантного покоління  $M_4$  і вище салату листового за вищевказаними кількісними ознаками, що є фактором оптимізації селекційного процесу.

Запровадження у селекційний процес методів аналізу генетичних змін якісних ознак на основі бальної оцінки дозволяє більш поглиблено дослідити закономірності спадковості кількісних селекційно-важливих ознак в межах певного генотипу виду овочевої рослини, створювати більш об'єктивні прогностичні моделі формування апробаційних ознак майбутніх сортів і гібридів  $F_1$ , створювати робочі колекції вихідних ліній з очікувано прогнозованим результатом фенотипового прояву у потомствах.

### Список літератури:

1. Литун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацька В. П. Системний аналіз в селекції польових культур : навчальний посібник. Харків : ТОВ «Магда LTD», 2009. 354 с.
2. Кондратенко С. І., Шабета О. М., Могильна О. М., Ткалич Ю. В. Оцінка дії мутагенних чинників на формування якісних ознак у мутантного покоління салату посівного листового (*Lactuca sativa* var. *secalina* L.). *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 134–140.
3. Ceccarelli S., Grando S. Evolutionary Plant Breeding as a Response to the Complexity of Climate Change. *iScience*. 2020. Vol. 23(12). 101815. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101815>
4. Guo Z., Li B., Du J., Shen F., Zhao Y., Deng Y., Kuang Z., Tao Y., Wan M., Lu X., Wang D., Wang Y., Han Y., Wei J., Li L., Guo X., Zhao C., Yang X. (2023). LettuceGDB: The community database for lettuce genetics and omics. *Plant communications*. 2023. Vol. 4(1). 100425. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100425>
5. Bar M., Ori N. Leaf development and morphogenesis. *Development* (Cambridge, England). 2014. Vol. 141(22). P. 4219–4230. DOI: <https://doi.org/10.1242/dev.106195>
6. Křístková E., Doležalová I., Lebeda A., Vinter V. Novotná A. Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. *Horticultural Science*. 2008. Vol. 35(3). P. 113–129. DOI: <https://doi.org/10.17221/4/2008-HORTSCI>

7. Методика-класифікатор проведення експертизи сортів салату посівного (*Lactuca sativa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність / С. І. Кондратенко, О. М. Могильна, О. В. Хареба, Н. В. Лещук, В. В. Хареба та ін., 2-е вид., доп. і доopr. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 65 с.

8. Розширення спектру генотипової мінливості салату посівного листкового методом індукованого мутагенезу (методичні рекомендації) / С. І. Кондратенко, П. Г. Дульнев, Л. В. Чабан, О. В. Позняк, О. І. Касян. Обухів : ФОП Гуляєва В.М., 2021. 44 с.

9. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Харків : Основа, 2001. 369 с.

10. Wen P., Meng Yu, Gao C., Guan X., Wang T. C., Feng W. Field identification of drought tolerant wheat genotypes using canopy vegetation indices instead of plant physiological and biochemical traits. *Ecological Indicators*. 2023. Vol. 154. 110781. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110781>

11. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових досліджень у землеробстві. Херсон : Айлант, 2013. 378 с.

### References:

1. Lytun P. P., Kyrychenko V. V., Petrenkova V. P. et al (2009) Systemnyi analiz v selektsii polovyykh kultur. Navchalnyi posibnyk [Systematic analysis in the breeding of field crops. Study guide]. Kharkiv: TOV VF "Mahda LTD". (in Ukrainian)

2. Kondratenko S. I., Shabetia O. M., Mohylna O. M. et al (2018) Otsinka dii mutahennykh chynnykiv na formuvannya yakisnykh oznak u mutantnoho pokolinia salatu posivnoho lystkovoho (*Lactuca sativa* var. *secalina* L.) [Assessment of the effect of mutagenic factors on the formation of quality traits in the mutant progeny of lettuce (*Lactuca sativa* var. *secalina* L.)]. *Bulletin of Agricultural Science*, 11: 134–140. (in Ukrainian)

3. Ceccarelli S., Grando S. (2020) Evolutionary Plant Breeding as a Response to the Complexity of Climate Change. *iScience*, 23(12): 101815. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101815>

4. Guo Z, Li B, Du J et al (2023) LettuceGDB: The community database for lettuce genetics and omics. *Plant Communications*, 4(1): 100425. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100425>

5. Bar M., Ori N. (2014) Leaf development and morphogenesis. *Development*, 141(22):4219–4230. DOI: <https://doi.org/10.1242/dev.106195>

6. Křístková E., Doležalová I., Lebeda A. et al (2008) Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. *Hort. Sci. (Prague)*, 35(3): 113–129. DOI: <https://doi.org/10.17221/4/2008-HORTSCI>

7. Kondratenko S., Mohylna O., Khareba O. et al (2019) Metodyka-klyasyfikator provedennia ekspertyzy sortiv salatu posivnoho (*Lactuca sativa* L.) na vidminnist, odnorodnist i stabilnist. 2-e vyd., dop. i doopr. [Methodology-classifier for examination of varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) for distinction, homogeneity and

stability]. 2nd ed., supplement. and finalized. Vinnytsia: TVORY. Available at: <https://www.sops.gov.ua/2019>(in Ukrainian)

8. Kondratenko S. I., Dulniev P. H., Chaban L. V. et al (2021) Rozshyrennia spektru henotypovoi minlyvosti salatu posivnoho lystkovoho metodom indukovanoho mutahenezu (metodychni rekomendatsii) [Expanding the spectrum of genotypic variability of seed lettuce by the method of induced mutagenesis (methodological recommendations)]. Obukhiv: FOP Huliaieva V. M. (in Ukrainian)

9. Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi (2001) [Methods of research in vegetable growing and melon growing]. In H. L. Bondarenka & K. I. Yakovenka (Ed.). Kharkiv: Osnova. (in Ukrainian)

10. Wen P., Meng Yu., Gao C. et al (2023) Field identification of drought tolerant wheat genotypes using canopy vegetation indices instead of plant physiological and biochemical traits, *Ecological Indicators*, 154: 110781. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110781>

11. Ushkarenko V. O., Vozhegova R. A., Goloborodko S. P. et al (2013) Statistichnij analiz rezu`tativ polovikh doslidiv u zemlerobstvi [Statistical analysis of the results of field research in agriculture]. Kherson: Ajlant. (in Ukrainian)