

СКЛЯРЕНКО Г.В.<sup>1✉</sup>, ПОЛЯКОВА І.О.<sup>1</sup>, НІКОНОВА В.М.<sup>2</sup><sup>1</sup> Запорізький національний університет,

Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66, ORCID: 0000-0001-9462-3783,

0000-0003-3181-3111, 0000-0001-9344-0483

<sup>2</sup> Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України,

Україна, 69093, Запорізька обл., Запорізький р-н, с. Сонячне, вул. Інститутська, 1, ORCID: 0000-

0001-9344-0483

✉ galinalito@gmail.com, (066) 873-92-64

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КОЛОРИМЕТРІЇ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЖЕВОГО І ЧЕРВОНОГО ЗАБАРВЛЕННЯ ПЕЛЮСТОК ЛЬОНУ

**Мета.** Використовуючи метод колориметрії, дослідити особливості прояву рожевого і червоного забарвлення пелюсток віночка у культурного та дикорослих видів льону. **Методи.** Колориметричний, описовий, статистичний. **Результати.** Проаналізовано різне забарвлення пелюсток ряду генотипів льону з використанням інструментальних технологій та встановлені їх числові характеристики у каналах червоного, зеленого та синього кольорів спектра. Отримані числові характеристики кольору характеризуються малим варіюванням, що дозволяє використовувати цю технологію для надійної ідентифікації зразків льону, які різняться за кольором пелюсток. **Висновки.** Встановлено, що у всіх генотипів льону з рожевим забарвленням пелюсток за цифровими показниками червоний колірний компонент має близькі значення і переважає над іншими колірними компонентами. З'ясовано, що *L. grandiflorum* має найбільший відсоток колірних компонентів, чим суттєво вирізняється від інших досліджуваних генотипів. Велику частку червоного кольору виявлено також у сорту Рум'янець і у *L. pubescens*. А у рожевоквіткових ліній культурного льону М-66 та ЛР-1-1 виявлено рівномірне співвідношення колірних компонентів.

**Ключові слова:** *Linum*, рожеве забарвлення квітки, колориметрія, колірний компонент забарвлення, маркерна ознака.

Спеціальна генетика льону ґрунтується на вивченні морфологічних, біологічних та господарсько-цінних ознак. Успадкування цих ознак вивчалось вітчизняними та закордонними дослідниками [1–4]. До основних маркерних ознак рослин культурного льону відносять забарвлення та форму квітки. Віночок може бути білим,

світло-блакитним, блакитним, синім, рожевим, фіолетовим і червоним [5–6].

Незважаючи на збільшення кількості наукових досліджень у галузі льонарства за останнє десятиріччя, особливості мінливості та успадкування ряду морфологічних ознак *Linum humile* L., зокрема і забарвлення квіток, залишаються ще недостатньо вивченими [1–2]. Найменш вивченим є рожеве забарвлення пелюсток віночка як культурного льону, так і інших видів.

Відомо, що ген *pf1* (*pink flower1*) визначає жовтий колір насіння, рожевий віночок і помаранчеві пиляки. Цей ген має кілька алелей. За Ф. Плонка, один із них – *pf1* – контролює завжди тільки темно-жовто-коричневе насіння, інший – *pf1-ad*, залежно від гена-модифікатора, визначає забарвлення насіння від жовтого до темно-жовто-коричневого. Ген *yspf1* (*yellow seeds after pink flower*) має варіювальну експресивність, насіння може бути жовтим, темно-жовтим (*yspf1*) або плямистим, жовто-коричневим і темно-жовто-коричневим (*YSPF1*). До рожевоквіткових форм із жовтим насінням існує підвищений інтерес у сучасній селекції, тому що вважається, що з жовтого насіння виходить смачніша олія [1; 2; 7].

У колекції Запорізького університету зразки з рожевим забарвленням віночка складають приблизно 5%, що є найменшою часткою в порівнянні з блакитним, білим та фіолетовим забарвленням [5; 8].

В останні роки під час вивчення забарвлення пелюсток віночка почали застосовувати сучасні цифрові технології, які зробили можливим дослідження незначних кількісних відмінностей в ознаках забарвлення, які були візуально непомітними. І, маючи числові дані будь-якого кольору, можна отримати досить повне уявлення про досліджуваний об'єкт [9].

© СКЛЯРЕНКО Г.В., ПОЛЯКОВА І.О., НІКОНОВА В.М.

Існування невеликої кількості зразків із такою ознакою та їх мала вивченість визначило наш інтерес до цього питання. На нашу думку, встановлення успадкування морфологічної ознаки «рожеве забарвлення пелюсток віночка» має важливе значення для створення нового цінного селекційного матеріалу льону олійного. Колекційні зразки з такою ознакою можуть знайти широке застосування в якості джерел маркерних ознак.

Метою нашої роботи було дослідити особливості прояву рожевого забарвлення пелюсток віночка у культурного та дикорослих видів льону, використовуючи метод колориметрії.

### Матеріали і методи

Матеріалом для дослідження служили шість зразків льону з генетичної колекції Запорізького національного університету: лінії М-66 та ЛР-1-1 (*Linum humile* L.), 2 зразки диких однорічних видів льону *L. grandiflorum* і *L. pubescens* та сорт льону великоквіткового Рум'янець, які різняться різними відтінками рожевого забарвлення пелюсток віночка (рис.1). Контролем слугував сорт льону олійного (*Linum*

*humile* L.) Циан, який має типове для льону блакитно-синє забарвлення пелюсток.

Сорт Циан (ВНДІОК, Росія) має блакитне забарвлення пелюсток віночка та сині пиляки. Таке забарвлення квітки є найбільш характерним для комерційних сортів льону, тому цей генотип обраний нами за контроль (рис.1. А).

Лінія М-66 (ІОК, Україна) мутантного походження, має рожевий колір віночка та кремові пиляки (рис.1. Б).

Лінія ЛР-1-1 (ІОК, Україна) – рекомбінантна лінія, має рожевий колір віночка та кремові пиляки (рис.1. В).

Сорт Рум'янець (ІОК, Україна) – декоративний сорт льону великоквіткового, має рожевий колір віночка (рис.1. Г).

Вид *Linum pubescens* (льон пухнастий) – однорічний дикорослий вид льону, поширений у східній частині Середземноморського регіону, має рожевий колір віночка (рис.1. Д) [10].

Вид *Linum grandiflorum* (льон великоквітковий) має характерні червоні блюдцеподібні квітки великого розміру. На базі цього виду створено декоративні сорти різного забарвлення (білого, рожевого, абрикосового) (рис.1. Ж).

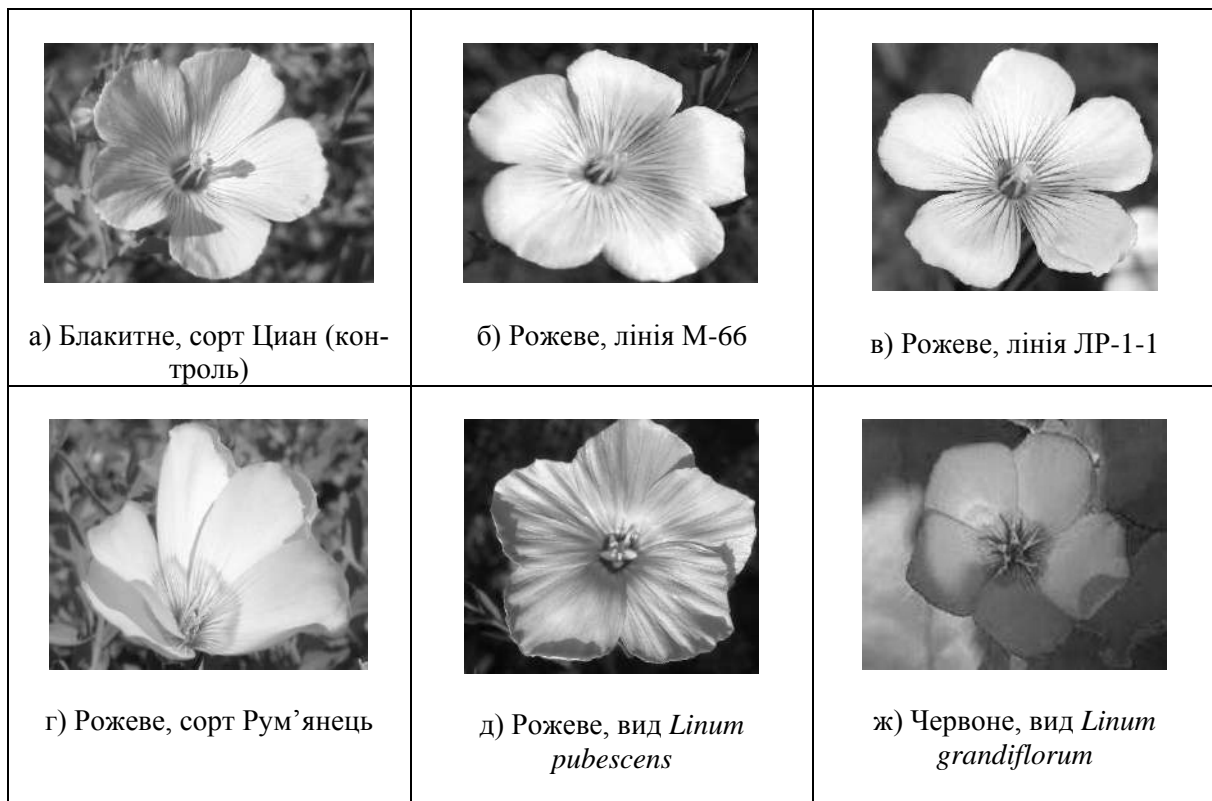


Рис. 1. Забарвлення пелюсток віночка у досліджуваних генотипів льону.

Квітки рослин льону для аналізу збирали вранці, в однаковий час. Для отримання цифрових зображень використовували сканер Epson SX-130, сканували пелюстки п'яти квіток кожного досліджуваного зразка льону, розкладені моношаром. Оцінку інтенсивності забарвлення пелюсток здійснювали за методикою Є. В. Ведмевої [9].

Закладка польових дослідів, агротехніка та догляд за рослинами відповідали визнаним вимогам [11]. Статистичну обробку результатів, розрахунок середніх помилок, коефіцієнта варіації проводили відповідно до загальноприйнятих методик [12].

### Результати та обговорення

У результаті комп'ютерного сканування пелюсток шести генотипів льону олійного з рожевим і червоним забарвленням віночка квітки отримано стабільні результати цифрових характеристик червоного (R), зеленого (G) та синього (B) кольорних компонентів забарвлення та визначено коефіцієнти варіації (табл. 1).

Із даних таблиці видно, що за показниками цифрових характеристик забарвлення віночка всі рожеві і червоний зразки льону суттєво відрізняються від контрольних рослин із блакитним кольором пелюсток. Так, у контрольного блакитноквіткового сорту Циан синій колір мав суттєві перевищення над іншими кольорами, а найменші показники визначено у червоного кольору. У зразків культурного льону з рожевим забарвленням пелюсток показники комп'ютерного сканування достатньо близькі

між собою за значеннями і тенденцією щодо контролю. Нами помічене статистично достовірне перевищення показників забарвлення над контролем за всіма компонентами, а найбільше перевищення було у червоного кольору. Крім того, виявлено інше співвідношення кольорних компонентів. Так, і у М-66, і у ЛР-1-1 найменші значення мав зелений колір, а цифрові значення червоного та синього компонентів забарвлення були достатньо близькі. Встановлені коефіцієнти варіації були менші, ніж 10%, що вказує на незначну мінливість варіаційного ряду, тобто на достатню однорідність і стабільність забарвлення досліджуваних зразків.

Для інших зразків, які не відносяться до культурного льону, а є його дикорослими родичами, виявлено іншу тенденцію. Так само, як і у рожевоквіткових ліній *L. humile*, у *L. pubescens* та *L. grandiflorum* домінуючим компонентом є червоний, що підтверджено статистично на високому рівні значущості. За цифровими показниками саме червоний компонент у всіх генотипів льону з рожевим забарвленням пелюсток має близькі значення. А от інші компоненти забарвлення у цих зразків значно менші, ніж у контрольного зразка і у ліній М-66 та ЛР-1-1. Встановлено, що у зразків із рожевим забарвленням пелюсток найменшими були значення зеленого компонента.

Нами складено діаграму, де наведено співвідношення різних компонентів забарвлення пелюсток у досліджуваних зразків льону (рис. 2).

Таблиця 1. Результати комп'ютерного сканування зразків льону за ознакою рожевого забарвлення пелюсток віночка

Колір квітки	Червоний (R)	Коефіцієнт варіації R, %	Зелений (G)	Коефіцієнт варіації R, %	Синій (B)	Коефіцієнт варіації R, %
Блакитний Контроль Циан	168,1 ± 1,9	3,6±0,05	179,4± 1,8	3,1±0,05	230,7± 2,4	3,3±0,06
Рожевий М-66	246,4***± 2,4	3,1±0,03	225,5***± 3,1	4,3±0,07	245,6***± 1,8	2,3±0,01
Рожевий ЛР-1-1	250,9***± 1,43	1,8±0,01	229,5***± 2,26	3,1±0,04	244,3***± 2,12	2,8±0,03
Рожевий Рум'янець	249,6***± 1,19	1,5±0,01	98,7***± 1,29	4,2±0,06	122,7***± 1,6	4,2±0,07
Рожевий <i>L. pubescens</i>	250,6***± 1,17	1,5±0,02	122,2***± 1,3	3,3±0,02	156,5***± 1,69	3,4±0,04
Червоний <i>L. grandiflorum</i>	245,6***± 1,16	1,5±0,01	58,5***± 0,65	3,5±0,03	67,9***± 0,79	3,7±0,05

Примітки: \*, \*\*, \*\*\* – відмінності від контролю статистично значущі з імовірністю 95,99 і 99,9% відповідно.

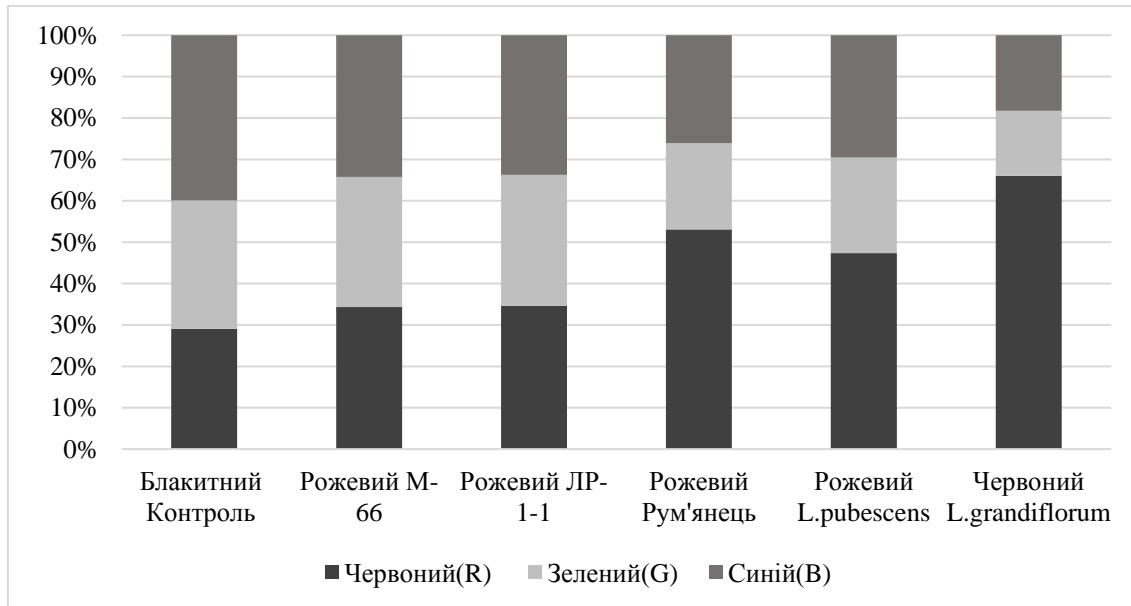


Рис. 2. Співвідношення колірних компонентів рожевого забарвлення пелюсток віночка різних генотипів льону

Із представлених у діаграмі даних видно, що у зразку *L. grandiflorum* найбільший відсоток серед досліджуваних компонентів забарвлення складає червоний. Саме цим зразком дуже вирізняється від інших досліджуваних ліній. Також достатньо велика частка червоного кольору наявна і у сорту Рум'янець, і у *L. pubescens*. А у рожевоквіткових ліній культурного льону М-66 та ЛР-1-1 нами виявлено рівномірне співвідношення колірних компонентів.

Інтерес до рожевого забарвлення пелюсток віночка льону пов'язаний насамперед із можливістю використання цієї ознаки як морфологічного маркера сорту. Основні маркерні ознаки у культури льону стосуються забарвлення віночка, форми квітки та забарвлення насіння, тому саме ці ознаки активно залучають для «позначення» комерційних сортів [5; 13].

## Висновки

У ході досліджень встановлено, що у всіх генотипів льону з рожевим забарвленням пелюсток за цифровими показниками червоний колірний компонент має близькі значення в межах від 245 до 251 і переважає над іншими колірними компонентами. Найменшими були значення зеленого компонента, вони склали 58–225.

З'ясовано, що *L. grandiflorum* має найбільший відсоток червоного компонента, чим суттєво вирізняється від інших досліджуваних генотипів. Велику частку червоного кольору виявлено також у сорту Рум'янець і у *L. pubescens*. А у рожевоквіткових ліній культурного льону М-66 та ЛР-1-1 виявлено рівномірне співвідношення трьох колірних компонентів.

Доведено, що за показниками цифрових характеристик забарвлення віночка всі рожеві і червоний зразки льону суттєво відрізняються від контролю, у якого синій колір мав суттєві перевищення над іншими кольорами.

## References

1. Kutuzova S. N. Genetika l'na. Genetika kul'turnyh rastenij. Sankt-Peterburg, 1998. S. 6–52. [in Russian]
2. Porohovinova E. A. Sozdanie i izuchenie geneticheskoy kolekcii l'na (*Linum usitatissimum* L.). Avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. biol. nauk. Spec. 03.00.15. «Genetika». Sankt-Peterburg, 2002. 18 s. [in Russian]
3. Tammes T. Genetika roda *Linum*. Bibliograficheskaja genetika. 1928. 4. P. 1–36. [in Russian]
4. Cullis C. *Linum*. In: Kole C. Wild crop relatives: genomic and breeding resources oilseeds. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2011. P. 177–189.
5. Lyah V. A., Mishhenko L. Ju., Poliakova I. A. Geneticheskaja kolekcija vida *Linum usitatissimum* L.: katalog. Zaporozh'e, 2003. 60 s. [in Russian]
6. Mezhdunarodnyj klassifikator SJeV vida *Linum usitatissimum* L. (len). Leningrad: VIR, 1989. 28 s. [in Russian]

7. Mishhenko L. Ju., Ljah V.A. Nasledovanie rozovoj okraski cvetkov i kremovoj okraski pyl'nikov u *Linum usitatissimum* L.. *Naukovo-tehnichnij bjuleten' IOK UAAN*. Zaporizhzhja, 2001. Vyp. 6. S. 15–19. [in Russian]
8. Polyakova I. O. Spadkova minlyvist' u l'onu oliynoho, indukovana hamma–promenyamy : avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. biol. nauk : spets. 03.00.15 «Henetyka». K., 2003. 20 s. [in Ukrainian]
9. Pat. 87462 Ukrayina, MPK A01G 7/00 Sposib vyznachennya zabarvlennya krayovykh kvitiv sonyashnyku. Vedmedyeva k. V.–# u2013 09730; zayav.05.08.2013; opubl. 10.02.2014. Byul. # 3. [in Ukrainian]
10. Poljakova I.A. Harakteristika morfologicheskikh priznakov i biohimicheskikh pokazatelej *Linum pubescens*. *Nauk.-tehn. bjul. IOK NAANU*. 2021. Vip. 30. S. 55–64. URL: <http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=387&lang=ua>. [in Russian]
11. Lyakh V.O., Polyakova I.O. Seleksiya l'onu oliynoho (Metodychni rekomendatsiyi). Zaporizhzhya: ZNU, 2008. 40 s. [in Ukrainian]
12. Marmoza A. T. Teoriya statystyky. K.: *Tsentr uchbovoyi literatury*, 2013. 592 s. [in Ukrainian]
13. Maslinskaja M. E., Andronik E. L. Ishodnyj material s markernymi morfologicheskimi priznakami dlja selekcii l'na maslichnogo. *Maslichnye kul'tury*. 2011. Vyp. 1 (146–147). S. 49–52. [in Russian]

**SKLYARENKO G.V.<sup>1</sup>, POLIAKOVA I.O.<sup>1</sup>, NIKONOVA V.M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Zaporizhzhia National University,  
Ukraine, 69063, Zaporozhye, Zhukovsky str., 66

<sup>2</sup> Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,  
Ukraine, 69093, Zaporizhia region, Zaporizhia district, village Sunny, Institute str., 1

#### **APPLICATION OF COLORIMETRY METHOD FOR ESTABLISHMENT OF FEATURES OF PINK AND RED COLOR OF FLAX PETALS**

**Aim.** Using the method of colorimetry, to investigate the features of the manifestation of pink color of the petals of the corolla in cultivated and wild species of flax. **Methods.** Colorimetric, descriptive, statistical. **Results.** Different colors of petals of a number of flax lines with the use of instrumental technologies are analyzed and their numerical characteristics in the channels of red, green and blue colors of the spectrum are established. The obtained numerical characteristics of color are characterized by rather small variation that allows to use this technology for reliable identification of the samples of flax differing in color of petals or other parts of a plant. **Conclusions.** It was found that in all genotypes of flax with pink color of the petals in numerical terms, the red color component has similar values and predominates over other color components. *L. grandiflorum* was found to have the highest percentage of color components, which differs significantly from other genotypes studied. A large proportion of red color was also found in the variety Rumyanets and *L. pubescens*. And in the pink-flowered lines of cultivated flax M-66 and LR-1-1 a uniform ratio of color components was found.

**Keywords:** *Linum*, pink flower color, colorimetry, color color component, marker sign.