УДК 633.853.494:575.113 DOI: 10.36710/IOC-2025-39-03

УСПАДКУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ЛИСТКА У *BRASSICA JUNCEA* L.

В. М. Журавель, Г. І. Буділка

Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

У статті наведено результати досліджень з встановлення характеру успадкування морфологічних ознак листка, отриманих від схрещувань генотипів гірчиці сизої салатного типу (*Brassica juncea* var. *rugosa*) – ВР-952.2, Red Dragon, Red Lace та колекційного зразка F17/3 (*Brassica juncea* var. *sareptana*). Встановлено, що фіолетове забарвлення листків у гірчиці сизої контролюється одним домінантним геном. Ознаки хвилястість і розсічення листкової пластинки є моногенними домінантними ознаками по відношенню до звичайного листка та успадковуються незалежно від ознаки забарвленості листка. Виділено гібриди з поліпшеними біохімічними показниками: вміст олії у насінні понад 40 % та алілгірчичної олії більше 1,00 % (F23/4.2, F 23/4.3, F 23/4.4,); знижений до 0,28–25,53 % вміст ерукової кислоти (F17/3 × Red Dragon). Отримано цінний оригінальний за морфологією селекційний матеріал для селекції гірчиці – гібриди з широкими розсіченими антоціановими або зеленими листками з хвилястим краєм та різного ступеню пігментації.

Ключові слова: *Brassica juncea*, морфологічна ознака, листок, успадкування, гібрид, біохімічний показник.

Вступ. Гірчиця є важливою альтернативною олійною культурою, її цінність у багатопрофільності. Це – харчовий, технічний, медичний та сільськогосподарський напрями використання. Гірчиця є однією з олійних культур родини хрестоцвітих (*Brassicaceae*), яка найчастіше використовується людиною. Особливу увагу приділено гірчиці як лікарській рослині (Hrodzinskyy 1992). В Україні, із трьох видів гірчиці – сизої, білої та чорної, найбільш затребуваною є гірчиця сиза (сарептська) (*Brassica juncea* L.). Це пояснюється її високою врожайністю та якістю насіння. Основний продукт переробки – найбільш якісна серед хрестоцвітих культур гірчична олія, вміст якої у насінні становить 34–47 % (Zhuravel et al. 2014). Сучасний ринок гірчиці має високу конкуренцію, потребує постійного оновлення, яке здатна забезпечити селекція. На сьогодні вирішується одна із проблем сортів – одноманітність, викликана вичерпанням внутрішньовидового різноманіття та недостатнім вивченням генетики культури. Для цього до схрещувань залучаються зразки з відмінними морфологічними ознаками – різним забарвленням квіток, рослин та різної форми листків.

Створена методом міжвидової гібридизації *B. nigra* (2n=16) × *B. campestris* (2n=20) з наступним подвоєнням хромосом гірчиця набула досить широкої географії. Дослідники розділили її на регіональні екотипи – аравійський, індійський, середньоазіатський, малоазійський, південно-східний, алтайський, синьцзянський, монгольський, корейський та японський. Вирощена у різних грунтово-кліматичних умовах земної кулі гірчиця набула змінених ботанічних

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Corresponding author

особливостей (зовнішня будова та забарвлення), що дозволяє вести селекцію з різноманітними морфологічними ознаками.

Нам вдалося розширити мінливість гірчиці сизої, створивши генетичний матеріал з відмінним забарвленням квіток та рослин (Zhuravel et al. 2024, 2018). Наукова література містить фрагментарні повідомлення зарубіжних вчених про результати генетичного аналізу стосовно успадкування у хрестоцвітих антоціанового забарвлення листків (Zhao et al. 2017; Li et al. 2016) та білого забарвлення квітки у ріпака та гірчиці (Zhang et al. 2018; Huang et al. 2014).

Не менш цікавою ознакою, яка може слугувати як маркерна для створюваних сортів, є форма та край листкової пластинки. Дослідники описали гірчицю як рослину з великими прикореневими листками, черешкові, вкриті або ні густо сидячими волосками, ліроподібної форми, перисто-розсічені. Верхні листки цілі, гладенькі, ланцетовидної форми, нижні – сидячі або на коротких черешках, лінійні, іноді слабо зубчасті, а середні за формою наближаються до нижніх листків. Забарвлення листків зелене, темно-зелене, з антоціаном, у більшості генотипів вони вкриті восковим нальотом. Особливо яскраво ці ознаки виражені у гірчиці сизої салатного типу (*Brassica juncea* var. *rugosa*) (Volodarskaya, Sklyarevsky 1989). Розеткові (прикореневі) листки такої гірчиці відрізняються величиною та ступенем розсічення, частіше з антоціановим забарвленням. Про генетичне різноманіття листкової гірчиці також повідомляли зарубіжні вчені (Sharma et al. 2020).

Метою роботи було встановлення характеру успадкування морфологічних ознак листка у поколіннях F_1 та F_2 із залученням гірчиці сизої салатного типу та створення нового вихідного матеріалу для селекції.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проведено в умовах карантинного розплідника Інституту олійних культур НААН у 2023–2024 рр. Закладку дослідів здійснено відповідно до методик ведення селекційного процесу та польового досліду (Kovalchuk, Moisieiev 2004; Rozhkov et al. 2016).

Матеріалом для досліджень слугували колекційні зразки гірчиці сизої (*Brassica juncea* L.) – зразки гірчиці F17/3, BP-952.2, Red Dragon, Red Lace (Мереживо), три останні класифікуються як салатні (*Brassica juncea* var. *rugosa*).

Для отримання гібридів гірчиці застосовували метод внутрішньовидової гібридизації (Budilka et al. 2017). Схрещування проводили на рослинах колекційного розсадника із застосуванням ручної кастрації квіток гірчиці з подальшим запиленням пилком іншої рослини, запилені квітки закривали ізолятором.

Для чіткої реєстрації виявлення ознак отримане насіння від кожної комбінації схрещувань висівали окремою ділянкою, площа якої залежала від його кількості, схема розміщення рослин ♀ F_1 ♂.

Для отримання покоління F_2 всі рослини гірчиці перед цвітінням індивідуально ізолювали, проводили примусове запилення. Насіння з кожної рослини збирали окремо.

Опис морфологічних ознак (листок розетковий) батьківських компонентів та гібридів гірчиці F_1, F_2 здійснювали методом візуальної оцінки згідно з методиками (Kryvets et al. 2006; Samoilenko, Zhuravel 2006).

Оцінювали форму листка, форму краю листкової пластинки, наявність пігментації, яку реєстрували як фіолетове забарвлення, а її відсутність – як непігментовану або зелену.

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

Основні біохімічні показники (вміст олії, вміст ефірної олії, жирнокислотний склад олії) визначали в лабораторії масових аналізів та приладовимірювальної техніки ІОК НААН з використанням спеціалізованого обладнання: експрес-аналізатор АМВ-1006, хроматографи – «Хром-5», «НР-6890», «Цвет-500», прилад «Сокслет» згідно з чинною нормативною документацією. Вміст олії (жиру) у насінні гірчиці визначали методом екстрагування сирого жиру у наважці з проби, що аналізується, розчинником і зважування знежиреного залишку (GOST 13496.15-97); жирнокислотний склад гірчичної олії отримали методом визначення масових часток жирних кислот до їхнього загального вмісту в тригліцеридах олії, а розрахунок складу метилових (етилових) ефірів жирних кислот олії проводили методом внутрішньої нормалізації (GOST 30418-96).

Статистичну обробку і представлення числових результатів проводили з використанням пакету Microsoft Excel у складі Microsoft Office і пакету прикладних програм Statistica (Kiselyov et al. 2017). Для встановлення відповідності фактичного розщеплення теоретично очікуваній моделі використовували метод хі-квадрат. Генетична гіпотеза вважалася прийнятною лише тоді, коли розраховане значення χ^2 було меншим за табличне значення 3,84 для моногібридного схрещування та 7,81 – для дигібридного на 5-відсотковому рівні значущості для одного та трьох ступенів свободи, відповідно

Результати досліджень та їх обговорення. У колекції гірчиці ІОК НААН є генотипи з яскраво вираженими морфологічними ознаками, які у селекції можуть використовуватись як маркерні. Частіше це різноманітне забарвлення пелюсток квіток, насіння та форми листків. Останні притаманні гірчиці салатній (*Brassica juncea* var. *rugosa*), яка характеризується відмінною формою листкової пластинки, низькою врожайністю насіння та високим вмістом ерукової кислоти. Використовують, зазвичай, зелені листки для харчових цілей.

З метою створення нового вихідного матеріалу гірчиці було проведено схрещування із залученням батьківських компонентів гірчиці сизої салатного типу (*Brassica juncea* var. *rugosa*) – ВР-952.2, Red Dragon та Red Lace з відмінними ознаками листків та колекційного зразка гірчиці сизої (*Brassica juncea* var. *sareptana*) F17/3 (Табл. 1).

Зразки гірчиці сизої салатного типу Red Dragon та Red Lace були подібними за фенотипом – широка, розсічена листкова пластинка з зубчастим краєм та різної інтенсивності антоціановим забарвленням, а у генотипу ВР-952.2 фіксували зелену, широку, цілісну листкову пластинку з подвійно-зазубленим хвилястим краєм листка.

Відібрані для схрещувань батьківські компоненти характеризувались різним вмістом олії у насінні – від 28,16 % до 40,29 % та високим 0,90–1,1 % вмістом ефірної олії. Генотип F17/3 віднесений до зразків з допустимим вмістом ерукової кислоти (4,51 %), у генотипів Red Lace, Red Dragon, ВР-952.2 встановлено високий (26,18–36,83 %) вміст ерукової кислоти. Маса тисячі насінин у роки досліджень була досить малою – 0,84–1,91 г.

Визначено пари для гібридизації та проведено схрещування за схемами: ВР-952.2 × Red Dragon, F17/3 × Red Dragon, ВР-952.2 × Red Lace, Red Lace × F17/3. Опис отриманих нащадків поколінь F_1 та F_2 проведено окремо за кожною схемою.

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

Таблиця 1

Характеристика батьківських компонентів гірчиці сизої (2023–2024)

Батьківські компоненти	Морфологічні ознаки листка	Основні біохімічні показники насіння			Маса тисячі насінин, г
		вміст олії, %	вміст алілгірчичної олії, %	вміст ерукової кислоти, %	
ВР-952.2	Зелена, широка, цілісна листкова пластинка з подвійно-зазубленим хвилястим краєм листка	28,16	0,9	36,83	1,41
Red Dragon	Антоціанова, широка, розсічена листкова пластинка з зубчастим краєм	40,29	1,1	26,18	0,93
F17/3	Зелена, цілісна листкова пластинка з зубчастим краєм	38,08	0,90	4,51	1,91
Red Lace	Антоціанова, широка, цілісна листкова пластинка з зубчастим краєм	33,00	0,91	34,20	0,84

При схрещуванні генотипів ВР-952.2 з зеленою, цілісною листковою пластинкою з подвійно-зазубленим хвилястим краєм листка та Red Dragon з антоціановою, розсіченою листковою пластинкою з зубчастим краєм, у F_1 отримали потомство з дуже сильною інтенсивністю антоціанового забарвлення (Табл. 2).

Таблиця 2

Успадкування забарвлення листка гірчиці у комбінації ВР-952.2 × Red Dragon (2023–2024)

Фенотип батьків		Фенотип рослин F_1	Фенотип рослин F_2		Модель розщеплення	χ^2
♀	♂		антоціанове	зелене		
зелене забарвлення листків	антоціанове забарвлення листків	антоціанове забарвлення листків	70	18	3:1	0,97

У другому поколінні отримали морфологічне різноманіття нащадків з ознаками обох батьків. Розщеплення за фенотипом склало 70 рослин з антоціановим забарвленням листкової пластинки та 18 рослин з зеленим забарвленням листків. Отримане співвідношення рослин за ознакою забарвлення листка достовірно відповідає моделі 3:1.

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

При схрещуванні рослин гірчиці з зеленою, цілісною листковою пластинкою (генотип F17/3) та з рослинами з антоціановою, розсіченою листковою пластинкою (генотип Red Dragon) (дигибридне схрещування), у поколінні F_1 всі рослини характеризувались наявною антоціановою пігментацією різного ступеню та широкими сильно розсіченими листками (Табл. 3). Фіксували наслідування ознак за фенотипом батьківського компоненту Red Dragon.

У другому поколінні після примусового запилення гібридів F_1 було отримано чотири групи фенотипів у наступному співвідношенні: 29 рослин з антоціановими, розсіченими листками, 6 – з антоціановими, цілісними, 11 рослин з зеленими, розсіченими листками, 2 – з зеленими, цілісними. Розщеплення відповідає співвідношенню 9:3:3:1.

Аналіз гібридів F_2 за кожною парою ознак окремо (35 рослин з антоціановими листками і 13 – з зеленими, та 40 рослин з розсіченими листками і 8 – з цілісними), свідчив, що співвідношення за кожною з них, як і при моногібридному схрещуванні, склало 3:1.

Такі дані можуть свідчити, що розсічення листкової пластинки, як і антоціанове забарвлення листка, є моногенними домінантними ознаками по відношенню до цілісної форми листка та їх зеленого забарвлення, відповідно. Подібні закономірності генетичного контролю вказаних ознак раніше було встановлено зарубіжними науковцями (Singh D et al. 1964). Отримані нами дані дозволяють стверджувати, що ознаки забарвленості листка гірчиці та форми листкової пластинки успадковуються незалежно, а гени, що їх контролюють, вочевидь, знаходяться в різних хромосомах.

Таблиця 3

Успадкування забарвлення та форми листка гірчиці у комбінації F17/3 × Red Dragon (2023–2024**)**

Фенотип батьків		Фенотип рослин F_1	Фенотип рослин F_2				Модель розщеплення	χ^2
			антоціанове		зелене			
♀	♂		розсічена	цілісна	розсічена	цілісна		
зелене забарвлення листків, цілісна листкова пластинка	антоціанове забарвлення листків, розсічена листкова пластинка	антоціанове забарвлення листків, розсічена листкова пластинка	29	6	11	2	9:3:3:1	1,92

У схемі схрещування ВР-952.2 × Red Lace, де було задіяно відповідно генотип ВР-952.2 з зеленою, цілісною листковою пластинкою з подвійно-зазубленим хвилястим краєм листка та генотип Red Lace з антоціановою, розсіченою листковою пластинкою з зубчастим краєм, у поколінні F_1 було отримано 6 рослин з широкими, цілісними, антоціановими листками та подвійно-зазубленим хвилястим краєм. Отже, гібриди першого покоління поєднали ознаки обох батьків (табл. 4).

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

У другому поколінні F_2 було отримано чотири фенотипічні групи у наступному співвідношенні: 25 рослин з антоціановими, хвилястими листками, 4 – з антоціановими листками, без хвилястості, 13 рослин з зеленими, хвилястими листками, 3 – з зеленими, без хвилястості. Таке співвідношення було дуже близьким до співвідношення 9:3:3:1.

Усі 45 нащадків другого покоління розділились на 29 рослин з антоціановим та 16 з зеленим забарвлення листків, а також на 38 рослин з ознакою подвійно-зазублений хвилястий край листкової пластинки, 7 – без хвилястості. Співвідношення за кожною парою ознак, як і при моногібридному схрещуванні, склало 3:1.

Таблиця 4

Успадкування забарвлення та форми краю листка гірчиці у комбінації BP-952.2 × Red Lace (2023–2024)

Фенотип батьків		Фенотип рослин F_1	Фенотип рослин F_2				Модель розщеплення	χ^2
			антоціанове		зелене			
♀	♂		хвилястий	без хвиль	хвилястий	без хвиль		
зелене забарвлення листка, хвилястий край листка	антоціанове забарвлення листка, не хвилястий край листка	антоціанове забарвлення листка, хвилястий край листка	25	4	13	3	9:3:3:1	4,81

Стосовно ознаки «хвилястість листкової пластинки» можна зробити висновок, що дана ознака контролюється моногенно та домінує над відсутністю хвилястості по краю листка. При цьому ознака хвилястості успадковується незалежно від ознаки забарвлення листкової пластинки.

Отже, у комбінаціях схрещування F17/3 × Red Dragon та BP-952.2 × Red Lace , у яких батьки відрізняються за двома парами альтернативних ознак, встановлено їх незалежне успадкування. Як форма листка (цілісна та розсічена листкова пластинка), так і форма краю листка (хвилястий край листка та відсутність хвиль по краю листка), успадковуються незалежно від забарвлення листка (антоціанове та зелене забарвлення листкової пластинки).

При схрещуванні Red Lace (антоціанова, цілісна листкова пластинка) з F17/3 (зразок з зеленою, цілісною листковою пластинкою) у поколінні F_1 отримали нащадків з фенотипом батьківського компоненту Red Lace (Табл. 5). У другому поколінні F_2 фіксували нащадків з переважанням рослин з фіолетовим забарвленням листків у співвідношенні 49:16, яке достовірно відповідало моделі розщеплення 3:1.

Незалежно від фенотипу батьків гірчиці (забарвлення листків фіолетове чи зелене), в усіх схемах схрещувань фіксували гібриди гірчиці першого покоління F_1 з фіолетовою пігментацією листків. Цей результат показує, що будь

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

який прояв антоціану на рослині обумовлений домінантним станом одного алелю, що не суперечить попереднім висновкам (Zhuravel et al. 2024; Zhao et al. 2017; Wei et al. 2016). Повідомлялось, що у *B. juncea* та *B. rapa i*снує єдиний домінантний ген, який контролює фіолетового забарвлення листків.

Таблиця 5

Успадкування забарвлення листка гірчиці у комбінації Red Lace × F17/3 (2023–2024)

Фенотип батьків		Фенотип рослин F_1	Фенотип рослин F_2		Модель розщеплення	χ^2
♀	♂		антоціанове	зелене		
антоціанове забарвлення листка	зелене забарвлення листка	антоціанове забарвлення листка	49	16	3:1	0,01

У процесі роботи було створено новий оригінальний матеріал для селекції гірчиці з відмітними морфологічними ознаками – широкими розсіченими антоціановими або зеленими листками з хвилястим краєм, різного ступеню та конфігурації пігментації та поліпшеними біохімічними показниками. У таблиці 6 наведено характеристику кращих гібридів за комплексом ознак.

Одним з важливих показників будь якої олійної культури є вміст олії у насінні. Десять відібраних зразків характеризувались високим, понад 38,0 %, вмістом олії. Достовірно за цим показником перевищив сорт еталон лише один зразок F23/3.3 (F17/3 × Red Dragon) на 0,19 % при 41 % у сорту еталону.

Не менш важливим біохімічним показником є вміст алілгірчичної олії, яка забезпечує специфічний пекучий смак гірчиці та особливо є цінним при використанні на харчові та медичні цілі. За досліджуваною ознакою 7 гібридів (F23/3.5 (F17/3 × Red Dragon); F23/4.1; F23/4.2; F23/4.3; F23/4.4 (Red Lace × F17/3); F23/5.1 та F23/5.2 (BP-952.2 × Red Dragon) достовірно, на 0,09–0,12 %, перевищили сорт-еталон Тавричанка. Ввесь отриманий гібридний матеріал характеризувався високим вмістом алілгірчичної олії.

Генотипи гірчиці салатного типу, задіяні у схрещуваннях, характеризувались високим – 26,18–36,83 % вмістом ерукової кислоти. Залучивши до гібридизації генотип F17/3 з наявним, але допустимим (4,51 %) вмістом ерукової кислоти, з нащадків від схрещування F17/3 × Red Dragon нам вдалося відібрати безеруковий (0,28 %) зразок F23/3.5, який суттєво, на 3,36 %, перевищує сорт еталон Тавричанка (2,14 %). За морфологією зразок характеризувався поєднаними ознаками обох батьків – розсіченою листковою пластинкою зеленого забарвлення. Підтверджено тенденцію щодо зниження вмісту ерукової кислоти у тих зразках, де в якості батьківського компоненту (♀) використовували генотип F17/3 з найменшим вмістом ерукової кислоти (Zhuravel, Budilka 2015).

Отже, виділено гібриди F23/4.2, F 23/4.3, F 23/4.4 з комплексом поліпшених біохімічних показників – вміст олії у насінні понад 40 % та алілгірчичної олії більше 1,00 %. Найбільше, до 0,28–25,53 %, зниження вмісту

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

ерукової кислоти спостерігали у гібридів від комбінації схрещування F17/3 × Red Dragon.

Таблиця 6

Характеристика ГЦО кращих гібридів гірчиці у поколінні F_2 (2024)

Схема схрещування, гібрид	Вміст олії, %	Вміст алілгірчичної олії, %	Вміст ерукової кислоти, %	Маса тисячі насінин, г
F17/3 × Red Dragon				
F23/3.1	38,66	0,92	25,53	0,84
F23/3.2	40,03	0,86	24,14	1,27
F23/3.3	42,21	0,87	21,26	0,94
F23/3.4	34,05	0,92	21,89	0,61
F23/3.5	39,88	1,06	0,28	0,87
Red Lace × F17/3				
F23/4.1	38,62	1,05	28,72	0,66
F23/4.2	40,63	1,04	29,82	0,62
F23/4.3	40,30	1,07	26,92	0,80
F23/4.4	41,76	1,04	33,71	0,83
BP-952.2 × Red Dragon				
F23/5.1	31,71	1,05	32,69	1,05
F23/5.2	35,08	1,05	36,12	0,81
F23/5.3	38,10	0,87	43,96	0,94
F23/5.4	34,12	0,93	37,65	0,76
F23/5.5	33,00	0,92	36,00	0,87
BP-952.2 × Red Lace				
F23/6.1	40,00	0,76	42,23	0,70
F23/6.2	35,13	0,76	35,81	0,87
F23/6.3	36,00	0,75	32,46	0,77
F23/6.4	34,56	0,68	40,89	0,69
Тавричанка, сорт-еталон	41,00	0,83	2,14	1,22
$НІР_{095}$	1,02	0,12	1,28	0,09

Маса тисячі насінин у отриманих гібридів була досить малою 0,61–1,27 г при 1,22 г у сорту-еталону Тавричанка. Такий показник свідчить про вплив несприятливих погодних умов.

Досліджувані ознаки – розсічення, хвилястість та зубчастість листкової пластинки є досить важливими у якості маркерних при створенні нових сортів гірчиці, бо не змінюються упродовж усієї вегетації рослин. Отриманий селекційний матеріал буде використано у подальшій селекційній роботі.

Висновки. Встановлено, що фіолетове (антоціанове) забарвлення листків у гірчиці домінує над зеленим і контролюється моногенно. Ознаки розсіченість листкової пластинки та хвилястість краю листка домінують над цілісною

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

формою листка та відсутністю хвиль по краю листка, відповідно. Ознаки форми листка та краю листкової пластинки успадковуються незалежно від ознаки забарвлення листка. Отримано новий оригінальний матеріал гірчиці з поєднаними морфологічними ознаками та поліпшеними біохімічними показниками. Морфологічні ознаки – забарвлення, розсічення та хвилястість листкової пластинки можуть бути використані як маркерні при створенні нових сортів гірчиці.

References

Budilka GI, Zhuravel VM, Komarova IB (2017) Method of obtaining mustard-rapeseed hybrids (in Ukrainian) Patent of Ukraine on the utility model UA121009

Hrodzins′kyy AM (1992) Likars′ki roslyny (Medicinal plants): Entsyklopedychnyy dovidnyk K.: Vydavnytstvo «Ukrayins′ka Entsyklopediya» im. M. P. Bazhana, Ukrayins′kyy vyrobnycho-komertsiynyy tsentr «Olimp»: 108–109

Huang Z, Ban YY, Bao R, Zhang XX, Xu AX, Ding J (2014) Inheritance and gene mapping of the white flower in Brassica napus L. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 42(2): 111–117 DOI: 10.1080/01140671.2013.8632114.

Kyselyov OV, Komarova IB, Milko DO, Bakardzhiev RO (2017) Statistical processing and presentation of experimental research results (based on experience in writing dissertations): Textbook. Institute of Mechanization of Animal Husbandry of the NAAS. Electronic equivalent of the printed edition (e-book). Zaporizhzhia: STATUS. 1181 p.

Kovalchuk VV, Moisieiev LM (2004) Osnovy naukovykh doslidzhen. Navchalnyi posibnyk – K.:VD Profesional. 208 p.

Kryvets DO, Poznyak OV, Kharnytskyi MV (2006) Metodika provedennya ekspertizi sortiv gorchici salatnoy (Brassica juncea (L.) Czern et Coss. in Czern.) na vidminnist, odnoridnist ta stsbilnist. Scientific Research Center Mayak of the Institute of Vegetable and Melon Growing: 227–236 https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/Method_veget.pdf

Rozhkov AO, Puzik VK, Kalenska SM, Puzik LM, Popov SI, Muzafarov NM, Bukhalo VIa, Kryshtop YeA (2016) Teoretyhni aspekty doslidnoi spravy. Kharkiv. Maidan: 316 p.

Li H, Zhu L, Yuan G (2016) Fine mapping and candidate gene analysis of an anthocyanin-rich gene, BnaA.PL1, conferring purple leaves in Brassica napus L. Mol Genet Genomics 291:1523–1534. DOI: 10.1007/s00438-016-1199-7

Samoilenko MYu, Zhuravel VN (2006) Metodika provedennya ekspertizi sortiv gorchici (Brassica juncea (L.) Czern) na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist. Institute of oilseed crops NAAS. 11 p.

Sharma D, Nanjundan J, Singh L, Singh SP, Parma N, Sujith Kuma MS, Singh KH, Mishra AK, Singh R, Sambhav Verma K, Kumar Thakur A (2020) Genetic diversity in leafy mustard (Brassica juncea var. rugosa) as revealed by agro-morphological traits and SSR marker Physiol Mol Biol Plants. 26(10): 2005–2018 DOI: 10.1007/s12298-020-00883-2

Singh D, Pokhriyal SC, Mangath KS (1964) Inheritance of Some Characters in Brassica juncea. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 24(3): 288–290

Volodarskaya AT, Sklyarevsky MO (1989) Vitamin na gryadtsy (Vitamins in the garden). Urozhay: 31–33

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

Wei Z, Wang M, Chang S, Wu C, Liu P, Meng J, Zou J (2016) Introgressing Subgenome Components from Brassica rapa and B. carinata to B. juncea for Broadening Its Genetic Base and Exploring Intersubgenomic Heterosis. Frontiers in Plant Science. Nov 17: 7: 1677 DOI: 10.3389/fpls.2016.01677

Zhang X, Li R, Chen L, Niu S, Li Q, Xu K, Wen J, and B, Ma C, Tu J, Fu T, Shen J (2018) Inheritance and gene mapping of the white flower trait in Brassica juncea. Mol Breeding. 38. 20 DOI: 10.1007/s11032-017-0771-0

Zhao Z, Xiao L, Xu L, Xing X, Tang G, Du D (2017) Fine mapping the BjPl1 gene for purple leaf color in B2 of Brassica juncea L. through comparative mapping and whole-genome re-sequencing. Euphytica. 213. 80 DOI:10.1007/s10681-017-1868-6

Zhuravel VM, Komarova IB, Budilka GI (2014) Using the genetic diversity Brassica juncea, white and nigra to create a source of breeding material with high oil quality.Naukovo-teoretychnyy zhurnal Natsional′noyi akademiyi ahrarnykh nauk Ukrayiny Visnyk ahrarnoyi nauky. – K. 10: 37–42

Zhuravel VM. Vedmedeva KV, Budilka Hl, Vendel GV (2018) The decline in the color of flower petals in *Brassica juncea* (in Ukrainian). Sci-Tech Bul IOC. 25: 6–16

Zhuravel VM, Vedmedeva KV, Budilka Hl, Vendel GV (2024) The decline of leaf and flower coloration signs of Brassica juncea L.) (in Ukrainian). Sci-Tech Bul IOC (37): 43–52

Zhuravel VM, Budilka GI (2015) Hybridization as an efficient method to create source material for mustard breeding (in Ukrainian). Sci-Tech Bul IOC (22): 70–74

INHERITANCE OF THE LEAF MORPHOLOGICAL TRAITS IN *BRASSICA JUNCEA* L.

V. M. Zhuravel, H. l. Budilka

Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Mustard is an important alternative oilseed crop, valued for its versatility. It is used in food, technical, medicinal, and agricultural applications. The most commonly used species is Brassica juncea, due to its high yield and seed quality. Currently, the issue of similarity between varieties is being addressed. To expand the genetic variability of mustard, crosses were carried out using genotypes of salad-type brown mustard (Brassica juncea var. Rugosa) – BP-952.2, Red Dragon, Red Lace, and the collection sample F17/3 (Brassica juncea var. Sareptana). The parental components selected for crossing were characterized by varying oil content in seeds – from 28.16% to 40.29% – and high essential oil content of 0.90–1.1%. The F17/3 genotype is classified among the samples with an acceptable erucic acid content of 4.51%, while the Red Lace, Red Dragon, and BP-952.2 genotypes have a high erucic acid content of 26.18–36.83%. Thousand-seed weight during the study years was quite low, ranging 0.84–1.91 g. When crossing the genotype BP-952.2 with a green, solid leaf blade with a double-toothed wavy edge of the leaf and the genotype Red Dragon with anthocyanin, dissected leaf blade with a toothed edge, in the F1 generation we obtained offspring with a very strong intensity of anthocyanin coloration In the second generation we obtained morphological diversity of offspring with signs of both parents. The split by phenotype was 70 plants with anthocyanin coloration of the leaf blade and 18 plants with green coloration of the leaves. The obtained ratio of plants by the sign of leaf coloration reliably corresponds to the 3:1 model. When crossing mustard plants with a

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

green, entire leaf blade (genotype F17/3) and with plants with anthocyanin, dissected leaf blade (genotype Red Dragon) (dihybrid crossing), in the F1 generation all plants were characterized by the presence of anthocyanin pigmentation of varying degrees and wide, strongly dissected leaves. The inheritance of traits according to the phenotype of the parental component Red Dragon was recorded. In the second generation, after forced pollination of F1 hybrids, four groups of phenotypes were obtained in the following ratio: 29 plants with anthocyanin, dissected leaves, 6 – with anthocyanin, entire, 11 plants with green, dissected leaves, 2 – with green, entire. The splitting corresponds to the ratio 9:3:3:1. Analysis of F2 hybrids for each pair of traits separately (35 plants with anthocyanin leaves and 13 with green leaves, and 40 plants with dissected leaves and 8 with whole leaves) showed that the ratio for each of them, as in the monohybrid cross, was 3:1. Such data may indicate that the dissection of the leaf blade, as well as the anthocyanin color of the leaf, are monogenic dominant traits in relation to the whole leaf shape and their green color, respectively. The data obtained by us allow us to state that the traits of mustard leaf color and leaf blade shape are inherited independently, and the genes that control them are apparently located on different chromosomes. In the BP-952.2 × Red Lace crossing scheme, where the BP-952.2 genotype with a green, whole leaf blade with a double-toothed wavy edge of the leaf and the Red Lace genotype with anthocyanin, dissected leaf blade with a toothed edge were used, respectively, in the F1 generation 6 plants with wide, whole, anthocyanin leaves and a double-toothed wavy edge were obtained. Thus, the first generation hybrids combined the traits of both parents. In the second generation F2, four phenotypic groups were obtained in the following ratio: 25 plants with anthocyanin, wavy leaves, 4 with anthocyanin leaves, without waviness, 13 plants with green, wavy leaves, 3 with green, without waviness. This ratio was very close to the ratio 9:3:3:1. When crossing Red Lace (anthocyanin, whole leaf blade) with F17/3 (sample with green, whole leaf blade) in the F1 generation, offspring with the phenotype of the parental component Red Lace were obtained. In the second generation, F2, offspring with a predominance of plants with purple leaf color in the ratio of 49:16 were recorded, which reliably corresponded to the 3:1 cleavage model. Regardless of the phenotype of the mustard parents (purple or green leaf color), in all cross schemes, mustard hybrids of the first generation F1 with purple leaf pigmentation were recorded. This result shows that any manifestation of anthocyanin in a plant is due to the dominant state of one allele. In the process of work, a new original material was created for mustard breeding with distinctive morphological features – wide dissected anthocyanin or green leaves with a wavy edge, different degrees and configurations of pigmentation and improved biochemical indicators. One of the important indicators of any oil crop is the oil content in the seeds. Ten selected samples were characterized by a high, over 38.0%, oil content. Only one sample F23/3.3 (F17/3 × Red Dragon) significantly exceeded the standard variety by this indicator by 0.19% compared to 41% in the standard variety. An equally important biochemical indicator is the content of allyl mustard oil, which provides a specific burning taste of mustard and is especially valuable when used for food and medical purposes. According to the studied trait, 7 hybrids (F23/3.5 (F17/3 × Red Dragon); F23/4.1; F23/4.2; F23/4.3; F23/4.4 (Red Lace × F17/3); F23/5.1 and F23/5.2 (BP-952.2 × Red Dragon) significantly exceeded the standard variety Tavrichanka by 0.09–0.12%. All the obtained hybrid material was characterized by a high content of allyl mustard oil. The genotypes of salad mustard used in the crosses were characterized by a high content of erucic acid – 26.18–36.83%. By using the F17/3 genotype with the existing but acceptable (4.51%) erucic acid content in the hybridization, we were able to select the F23/3.5 erucic-free (0.28%) sample from the offspring of the F17/3

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка

× Red Dragon cross, which significantly exceeds the Tavrichanka standard variety (2.14%) by 3.36%. Morphologically, the sample was characterized by the combined characteristics of both parents – a dissected leaf blade of green color. The tendency towards a decrease in the content of erucic acid was confirmed in those samples where the F17/3 genotype with the lowest content of erucic acid was used as the parental component (♀). Thus, hybrids F23/4.2, F 23/4.3, F 23/4.4 with a complex of improved biochemical indicators were isolated - the oil content in seeds is more than 40% and allyl mustard oil is more than 1.00%. The greatest decrease in the content of erucic acid, up to 0.28–25.53%, was observed in hybrids from the combination of crossing F17/3 × Red Dragon. The mass of a thousand seeds in the obtained hybrids was quite small, 0.61–1.27 g, compared to 1.22 g in the standard variety Tavrichanka. This indicator indicates the influence of adverse weather conditions. The studied traits – dissection, waviness and serration of the leaf blade are quite important as markers in the creation of new mustard varieties, because they do not change throughout the entire vegetation of plants. The obtained selection material will be used in further selection work. It was established that the purple (anthocyanin) color of leaves in mustard dominates over green and is controlled monogenically. The signs of leaf blade dissection and waviness of the leaf edge dominate over the integral shape of the leaf and the absence of waves along the leaf edge, respectively. The signs of leaf shape and leaf blade edge are inherited regardless of the sign of leaf color. A new original mustard material with combined morphological signs and improved biochemical indicators was obtained. Morphological signs – color, dissection and waviness of the leaf blade can be used as markers when creating new mustard varieties.

Key words: Brassica juncea, morphological trait, leaf, inheritance, hybrid, biochemical indicator

© В. М. Журавель, Г. І. Буділка