

УДК 635.1.8,632.939:631.527:635.132:635.11:575.224.4

ВПЛИВ РІЗНИХ ДОЗ γ -ОПРОМІНЕННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ПЕРШОГО ТА ДРУГОГО РОКУ ВИРОЩУВАННЯ МОРКВИ (*DAUCUS CAROTA L.*)

І. Підлубенко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5703-3407

Львівський національний університет природокористування

О. Овчіннікова, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4557-0088

Інститут овочівництва і баштанництва НААН України

<https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.115>

Підлубенко І., Овчіннікова О. Вплив різних доз γ -опромінення на ріст і розвиток рослин першого та другого року вирощування моркви (*Daucus carota L.*)

Визначено ефективні дози γ -опромінення для розширення спектру генетичної мінливості рослин моркви (*Daucus carota L.*) польовими, лабораторними, розрахунково-статистичними методами. За результатами практичних досліджень у 2020–2022 роках для агрокліматичної зони Лівобережного Лісостепу України проведено комплексне дослідження з визначення ефективних та летальних доз γ -опромінення для розширення спектру генетичної мінливості рослин моркви *Daucus carota L.* двох сортів селекції Інституту овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України Нантська харківська та Яскрава. Встановлено закономірності особливостей післядії фізичного мутагенезу (γ -опромінення) на генотип і фенотиповий прояв деяких кількісних ознак моркви (схожість, розміри та форма суцвіть рослин другого року). Визначено рівень впливу фізичного мутагенезу на прояв показника схожості насіння (лабораторної та польової) залежно від дози γ -опромінення та обраного сорту моркви. Встановлено розбіжності в лабораторній та польовій схожості насіння моркви Нантська харківська та Яскрава після обробки γ -опромінення та без обробки. Виявлено фенотипові зміни у формуванні суцвіть моркви другого року вирощування залежно від дози опромінення. Завдяки аналізу мутагенної дії γ -опромінення на посівні якості насіння моркви сортів Нантська харківська та Яскрава визначено ефективні та летальні дози дії обраного фізичного мутагену. Летальними дозами для обох сортів стали 170 та 200 мР, оскільки дія такими дозами опромінення знизила польову схожість насіння моркви до 0 %, що унеможливило отримання коренеплодів та, відповідно, насіннєвий селекційний матеріал для подальшого вивчення, дослідження і введення в селекційний процес.

Ключові слова: морква, мутагенез, фізичний мутаген, опромінення, доза, сорт, вплив.

Pidlubenko I., Ovchinnikova O. Effect of different doses of γ -irradiation on the growth and development of plants of the first and second year of growing carrots (*Daucus carota L.*)

The effective doses of γ -irradiation for expanding the spectrum of genetic variability of carrot plants (*Daucus carota L.*) were determined by field, laboratory, calculation and statistical methods. Based on the results of practical research in 2020–2022, a comprehensive study was conducted for the agroclimatic zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine to determine effective and lethal doses of γ -irradiation to expand the spectrum of genetic variability of carrot plants *Daucus carota L.* of two varieties of the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, namely Nantska Kharkivska and Yaskrava. The regularities of the aftereffect of physical mutagenesis (γ -irradiation) on the genotype and phenotypic manifestation of some quantitative traits of carrot (germination, size, and shape of inflorescences of plants of the second year) were established. The level of influence of physical mutagenesis on the manifestation of seed germination (laboratory and field) depending on the dose of γ -irradiation and the selected carrot variety was determined. Differences in the laboratory and field germination of seeds of carrots Nantska Kharkivska and Yaskrava after treatment with γ -irradiation and without treatment were found. Phenotypic changes in the formation of carrot inflorescences in the second year of cultivation depending on the radiation dose were revealed. The effective and lethal doses of the selected physical mutagen were determined by analyzing the mutagenic effect of γ -irradiation on the sowing qualities of carrot seeds of Nantska Kharkivska and Yaskrava varieties. The lethal doses for both varieties were 170 and 200 mR, since exposure to such doses of radiation reduced the field germination of carrot seeds to 0%, which made it impossible to obtain root crops and, accordingly, seed breeding material for further study, research and introduction into the breeding process.

Keywords: carrot, mutagenesis, physical mutagen, irradiation, dose, variety, influence.

Постановка проблеми. Мутаційну селекцію використовують у селекції рослин для отримання принципово нових сортів та гібридів із показниками високої врожайності, скоростиглості, стійкості до шкідників та хвороб, а також до різноманітних абіотичних стресових умов. Застосування гамма-випромінювання як одного з фізичних мутагенів забезпечує простоту використання, високу проникність і здатність досягати клітин-мішеней, а також воно нетоксичне для дослідника [1, с. 15; 12].

Фізичний мутагенез розширює наявну варіацію генотипу досліджуваної культури, створюючи новий організм за допомогою опромінення, що застосовується до насіння, донорських рослинних тканин або ж клітин у культурі *in vitro*.

Генетична мінливість у край важлива для успішного досягнення поставлених цілей у селекції рослин, які розмножуються вегетативно та статевим шляхом. Така мінливість може виникати природним шляхом або може бути спричинена мутаціями з використанням фізичних, біологічних чи хімічних мутагенів і вже багато десятиліть викликає зацікавлення селекціонерів [6].

Мутації дали змогу отримати безліч культурних сортів із покращеною економічною цінністю та вивчити генетику й феномени розвитку рослин [1].

Мутаційна селекція як метод, альтернативний традиційній селекції рослин, як джерело підвищення мінливості та надання певного поліпшення культурі без значної зміни її прийнятного [8].

Фізично і хімічно індукована мутація – це метод створення генетичної мінливості, що приводить до покращених сортів із кращими характеристиками [4].

Мутації – нові джерела отримання вихідного матеріалу, застосування яких із кожним роком розширюється. Використання індукованого мутагенезу та мутантних генів дає змогу розробити принципово нові підходи виконання сучасних завдань селекції щодо збагачення генетичної мінливості культури, а саме: розширення рівня та спектру морфологічного потенціалу генотипів моркви щодо їхніх стиглості, стійкості проти хвороб, підвищеного вмісту цінних біохімічних компонентів у коренеплодах, товарного зовнішнього вигляду, високої лежкості та збереженості [4; 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні в Україні досліджень за цим напрямом на моркві проведено вкрай недостатньо, а корисний потенціал мутагенезу до кінця не визначено і не досліджено. Завдяки дії мутагенного чинника можна досить швидко покращити генотип за окремими ознаками, оскільки індукований мутагенез – унікальна селекційна технологія для тих ситуацій, коли

необхідно покращити тільки одну особливість чи ознаку, залишаючи основний ген незмінним [1; 2].

Як правило, у роботах з індукованого мутагенезу різних видів рослин основну увагу приділяють вивченню генетичної активності огудина мутагенних факторів, способів впливу ними на насіння і рослини, вивченню генетичної природи отриманих мутантів, розробці методів використання індукованих мутантів у практичній селекції. Доведено, що утворення мутацій збільшує мінливість ознак різних культур. Деякі мутації безпосередньо підвищують сільськогосподарську цінність рослин. У різних країнах світу на ринках з'явилася велика кількість мутантних сортів культурних рослин, які одержали за використання іонізуючого випромінювання [3; 11].

Поліпшення методом експериментального мутагенезу відомих сортів прямим доббором мутацій – найефективніший спосіб селекції. Високоєфективне також залучення мутантів до схрещувань та вплив мутагенних чинників на гібридний матеріал із подальшим прямим доббором цінних форм у гібридно-мутантних популяціях [8].

Чимало праць засвідчують, що залежно від сортових особливостей різних сільськогосподарських культур спостерігаються значні відхилення у мутаційному процесі. Зауважено, що різні сорти однієї й тієї самої культури мають неоднакові чутливість та мутабільність і різний спектр мутацій. Тож пошук наймутабільніших форм рослин і особливостей підвищення мутаційної мінливості становить безумовно науковий інтерес [1; 4; 7; 12].

Морква *Daucus carota* L. цінується як харчовий продукт, а також є джерелом жиророзчинного вуглеводню каротину, її селекція – досить важкий і довготривалий процес, який, власне, можна пришвидшити завдяки використанню мутагенезу [10; 11].

У моркви за використання мутагенезу отримані стерильні форми (рис. 1), форми з прямою розеткою, товстими, укороченими черешками, компактним низькорослим насіннєвим куцем, зміненою формою суцвіття і дружним дозріванням насіння, а також скоростиглі, урожайні форми з підвищеним умістом цукру в коренеплодах [3].

Постановка завдання. Наше завдання – визначити ефективні дози γ -опромінення для розширення спектру генетичної мінливості рослин моркви. Для цього насіння моркви обробляли такими дозами опромінення як: 20, 50, 70, 100, 120, 150, 170, 200 кР доз ^{60}Co (γ -промені). У ході виконання мутаційно-селекційних досліджень на культурі моркви аналізували летальні дози опромінення для культури.



Рис. 1. Суцвіття моркви зі стерильними квітками після обробки γ -променями

Виклад основного матеріалу. Матеріалом у дослідженнях слугували два сорти моркви, створені на базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН – Яскрава та Нантська харківська. Вегетаційний період сорту моркви Яскрава – 96–100 діб.

Урожайність коренеплодів – 65–77 т/га. Коренеплід яскраво-оранжевий, циліндричний, довжиною 12–15, діаметром – 3–5 см, з тупим кінцем, частка серцевини – 25–40 % від діаметра коренеплоду (рис. 2).



Рис. 2. Сорт моркви Яскрава

Вміст каротину – 16–18 мг/100 г, сухої речовини 8,5–11,0 %. Сорт адаптований до посушливих умов.

Вегетаційний період сорту Нантська харківська – 100–110 діб. Урожайність – 54–65 т/га. Коренеплід циліндричний, із тупим кінцем, довжиною 10–18, діаметром 2,5–4,5 см, масою 142–150 г,

повністю заглиблений у ґрунт. Лежкий та стійкий до корневих гнилей. Шкірка яскраво-оранжева. М'якуш оранжево-червоний, яскравий, щільний, хрумкий, ніжний. Вміст каротину – 15–17 мг/100 г, сухої речовини 11,4–13,4 %, загального цукру – 6–8 % (рис. 3).



Рис. 3. Сорт моркви Нантська харківська

Повітряно-сухе насіння моркви опромінювали за допомогою γ -установки закритого типу «Дослідник» джерелом ^{60}Co на кафедрі молекулярної та медичної біофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Вивчали варіанти опромінення у 20, 50, 70, 100, 120, 150, 170, 200 кР. Контроль – без опромінення.

Насіння опромінювали за три доби до висіву. Догляд за рослинами полягав у регулярному зволоженні. Під час вегетації встановлювали кількість пророслого насіння на десяту добу після висівання та кількість рослин, що залишилися вегетуючими через 45 діб після висівання.

Іонізуюча радіація передусім впливала на посівні якості насіння моркви. Польова схожість

насіння у варіантах опромінення була нижчою за контроль в обох сортів (рис. 4).

У сорту Яскрава найменша схожість насіння (60 %) була у варіанта з дозою 200 кР, за 80 % схожості у контрольного варіанта.

У варіантах із високими дозами опромінення насіння сорту Нантська харківська 120 та 150 кР виявили знижений рівень схожості насінневого матеріалу (68–70 %) порівняно з неопроміненим насінням того самого сорту.

Насіння сорту моркви Нантська харківська показало поступове зниження показників як лабораторної, так і польової схожості, з підвищенням дози опромінення. Лише у варіанта з дозою 70 кР спостерігали незначне підвищення схожості щодо сусідніх варіантів, що не вплинуло на загальну тенденцію.

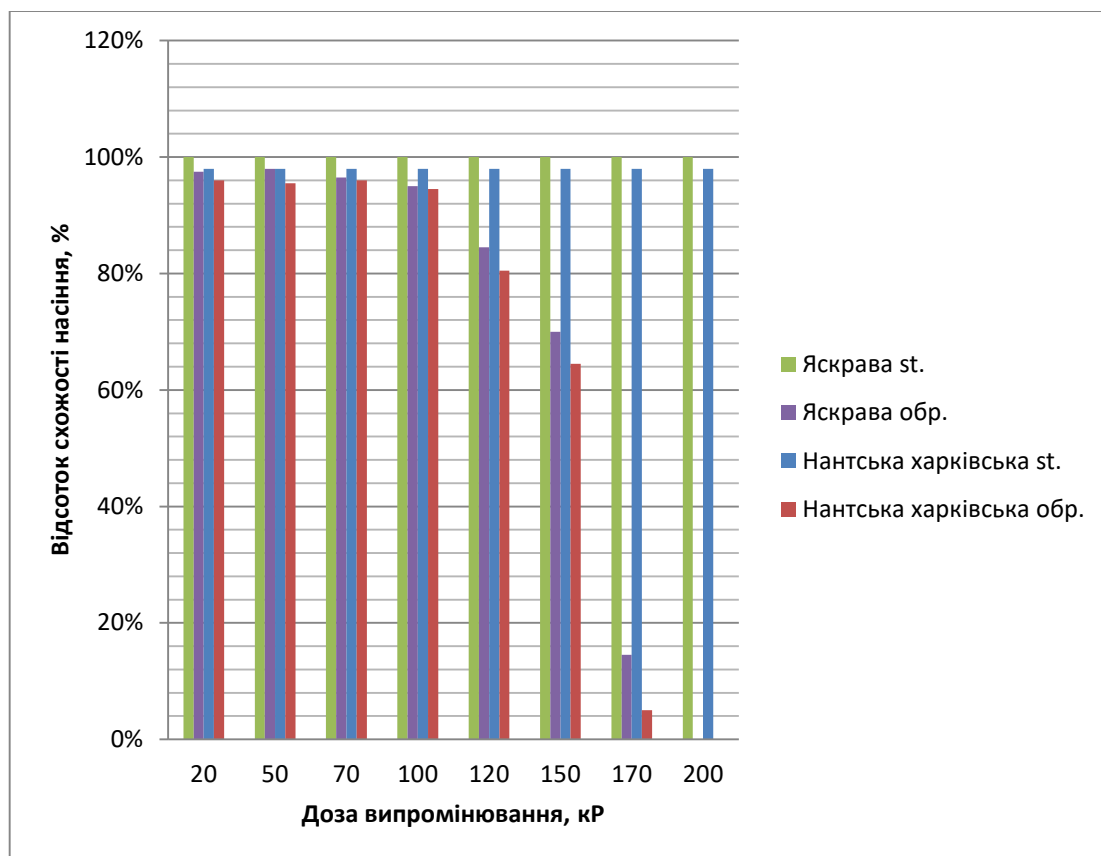


Рис. 4. Діаграма схожості насіння моркви (середнє за 2021–2022 рр.)

Під час оцінки польової схожості на 40 добу виявили, що в сорту Нантська харківська загинуть рослини у всіх варіантах досліду була різною, але тенденція зі зменшення кількості вегетуючих рослин при збільшенні дози опромінення збереглася.

Водночас у сорту Яскрава у варіантах із дозою опромінення 170 і 200 кР майже всі рослини загинули, а це підтверджує думки вчених про те, що генотип селекційного зразка впливає на мутаційну чутливість або ж сприятливість до дії мутагену.

Тенденція змінення розмірів біометричних показників залежно від дози іонізуючого опромінення схожа за всіма ознаками в межах одного сорту моркви. Так, у сорту Нантська харківська спостерігали поступове збільшення довжини коренеплоду, кількості листків і діаметра головки за підвищення дози до 70 кР, тобто спостерігали стимулюючу дію, після чого наставав різкий спад рівня цих ознак. Довжина й ширина листка і довжина черешка сягали дози 70 кР, і лише при дозі 100 кР вони спадали. Але лише за довжиною коренеплодів і діаметром стебла виявили істотне зменшення ознаки, що відбувалося за дози 100 кР.

У рослин сорту Яскрава біометричні показники коренеплодів і розетки листків зменшувалися

зі збільшенням дози опромінення, і лише при дозі 70 кР така тенденція порушилася і ознаки щодо сусідніх варіантів дещо зросли.

Висновки. За результатами вивчення опромінених дослідних зразків моркви простежено зміни в показниках схожості насіння (лабораторній та польовій), біометричних показниках коренеплодів та формуванні квіткового апарату рослин другого року вирощування відповідно до рівня γ -випромінювання.

Схожість насіння і життєздатність рослин на ранніх етапах онтогенезу в сорту Нантська харківська мало різнилася в усіх варіантах досліду, тоді як у сорту Яскрава з підвищенням дози опромінення спостерігали поступове зниження схожості та збільшення відсотка загинув рослин.

За біометричними показниками рослин у сорту Нантська харківська виявлено збільшення рівня прояву ознак зі збільшенням дози до 50–70 кР з подальшим зниженням до 120 кР. Рівень прояву зміни біометричних показників коренеплоду та розетки листків у сорту Яскрава зменшувалися зі збільшенням дози опромінення.

Бібліографічний список

1. Моргун В. В. Спонтанна та індукована мутаційна мінливість її використання в селекції рослин. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*. 2001. Т. 2. С. 144–174.
2. Підлубенко І., Овчіннікова О., Біленька О., Штепа Л., Новіченко В. Оцінка адаптивного потенціалу колекційного матеріалу моркви за проявом ознак «загальна врожайність коренеплодів» та «вміст в-каротину». *Овочівництво і багтанництво*. 2023. № 72. С. 24–31. doi:10.32717/0131-0062-2022-72-24-31.
3. Aslam R., Bhat T. M., Choudhary S., Ansari M. Y. K., Shahwar D. Stimulation of genetic variability, mutagenic effectiveness and efficiency in M² flower mutant lines of *Capsicum annuum* L. Treated with caffeine and their analysis through RAPD markers. *Journal of King Saud University Science*. 2017. No 29 (3). P. 274–283.
4. Broertjes C., Harten A. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. (Developments in crop science; No 12). Elsevier, 1988.
5. Brzozowski L., Mazourek M. A Sustainable Agricultural Future Relies on the Transition to Organic Agroecological Pest Management. *Sustainability*. 2018. No 10. 2023. URL: doi.org/10.3390/su10062023.
6. Chandran Dr. D. Arul, Mullainathan L., Velu, S., C. Thilagavathi. Genetic variability, heritability and genetic advance of quantitative traits in black gram by effects of mutation in field trial. *African journal of biotechnology*. 2010. No 9. P. 2731–2735.
7. Horvitz M. A., Simon P. W., Tanumihardjo S. A. Lycopene and beta-carotene are bioavailable from lycopene 'red' carrots in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2004. No 58. P. 803–811.
8. Liang R. F., He L. F. The Study Progress of Crop Breeding via EMS. *Seed*. 2018. No 2. P. 47–49.
9. Moore V. M., Virginia M. F., Tracy W. F., William F. Survey of organic sweet corn growers identifies corn earworm prevalence, management, and opportunities for plant breeding. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2020. URL: doi.org/10.1017/S1742170520000204.
10. Pant B., Manandhar S. In Vitro: Propagation of Carrot i *Daucus Carota* L. *Scientific World*. 2010. No 5 (5). P. 51–53. URL: doi.org/10.3126/sw.v5i5.2656.
11. Simon P. W. Breeding of Carrot. *Plant Breed. Rev*. 2010. No 19. P. 157.
12. Vieira G. S., Goulart L. R. Effects of gamma radiation of morphological traits and seed storage proteins of bean. *Legume Research*. 2001. No 45. P. 23.

Стаття надійшла 30.04.2024