

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОВОЧІВНИЦТВА І БАШТАННИЦТВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ОПТИМІЗАЦІЇ МУТАЦІЙНОЇ
СЕЛЕКЦІЇ ТОМАТУ
(*L. ESCULENTUM* MILL.)**

Твори - 2020

Розглянуто і рекомендовано до друку вченою радою Інституту овочівництва і баштанництва НААН (протокол № 5 від 16 червня 2020 р.).

Самовол О. П., Могильна О. М., Кондратенко С. І., Мірошніченко Т.В.
Методичні рекомендації з оптимізації мутаційної селекції томату
(*L. esculentum* Mill.). Вінниця: ТОВ "ТВОРИ", 2020, 32 с.

У методичних рекомендаціях наведено нові методологічні підходи щодо встановлення рівня норми реакції мутабільності рослин за якісними і кількісними ознаками у різних сортів томата як результат дії багаторазового γ -опромінювання на їх насіння. Одержано рослини з одномаркерними рецесивними генами. Серед яких значущу селекційну цінність представляє мутанти рослин сортів регіональної та зарубіжної селекції с геном *ms*, що здійснює не тільки генетичний контроль чоловічої стерильності, але й відкриває реальні можливості для переведення гібридного насінництва томата на стерильну основу. Виявлено специфічну особливість геному у сорта Елеонора, на основі якого синтезовано шестигенну (багатомаркерну) мутантну форму. Показано також, що багаторазовий індивідуальний відбір серед популяцій сортів регіональної і зарубіжної селекції, насіння яких було оброблено γ -опромінюванням, дозволив створити мутантні лінії зі стабільно високими показниками господарсько-цінних ознак – високе репродуктивне навантаження плодів, ультра ранньостиглість і короткий вегетаційний період, з поєднанням потенційно високої продуктивності і підвищеного вмісту біологічно-цінних компонентів у плодах.

Методичні рекомендації можуть бути корисні генетикам, селекціонерам і аспірантам науково-дослідних і селекційних установ, а також викладачам і студентам біологічних та агрономічних факультетів закладів вищої освіти відповідного профілю.

Рецензенти:

доктор с.-г. наук О.В. Сергієнко,
доктор с.-г. наук Т.В. Івченко

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1. ОБ'ЄКТ І ОСНОВНІ ЕТАПИ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ МУТАНТНИХ ФОРМ ТОМАТА В СЕЛЕКЦІЇ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	7
2. ОТРИМАННЯ МУТАНТНИХ ФОРМ ТОМАТА З МОНГЕННО-КОНТРОЛЬОВАНИМИ МАРКЕРНИМИ ГЕНАМИ	8
<i>2.1. Рівень реакції мутабільності генетично маркованих ознак у рослин сортів томату регіональної та зарубіжної селекції</i>	8
<i>2.2. Фактори, що визначають залежність рівня відсотку стерильності пилку у одержаних мутантних форм томату з генною чоловічою стерильністю</i>	12
3. ОСНОВНІ ЕТАПИ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БАГАТОМАРКЕРНИХ МУТАНТНИХ ФОРМ ТОМАТА	15
4. ОДЕРЖАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІНІЙ ТОМАТУ ЗА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ МЕТОДОМ МУТАЦІЙНОЇ СЕЛЕКЦІЇ	15
<i>4.1. Етап формування репродуктивного навантаження у дібраних рослин із сортових популяцій томату, насіння яких обробляли γ-опромінюванням, на рівні зав'язування плодів</i>	15
<i>4.2. Етап розрахунку частоти мутантних рослин томата за ознакою ранньостиглості та тривалості вегетаційного періоду</i>	18
<i>4.3. Етап формування компонентів високої потенційної продуктивності у дібраних рослин із сортових популяцій, насіння яких обробляли γ-опромінюванням</i>	19
<i>4.4. Етап формування біохімічного складу плодів у дібраних рослин із сортових популяцій томату, насіння яких обробляли γ-опромінюванням</i>	23
БІБЛІОГРАФІЯ	31

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

X_{med} – середньоарифметичне значення кількісної ознаки;

m_x – середньо квадратична похибка досліджу;

V – коефіцієнт варіації, %;

σ – середнє квадратичнє відхилення кількісної ознаки, що варіює;

Lim – ліміти варіювання кількісної ознаки;

X_{min} – мінімальнє значення кількісної ознаки;

X_{max} – максимальнє значення кількісної ознаки;

A_m – амплітуда варіювання кількісної ознаки;

$HP_{0,05}$ – найменша істотна різниця;

M – мутантнє потомство.

ПЕРЕДМОВА

У зв'язку з відкриттям ядерної енергії та створенням значної кількості джерел іонізуючих випромінювань (рентгенівські промені, γ -кванти, α - і β -промені, а також нейтрони), широко застосовуваних у медицині, сільському господарстві та техніці, проблема впливу радіації на процес мутації також набула великого практичного значення. Перевага використання мутацій в селекції полягає в тому, що за їх допомогою можна значно розширити адаптивний потенціал доступного селекціонера генофонду. Як стверджують ряд вчених (*Grube R.C. Brennan E.B. and Ryder E.J.*, 2003) [1], (*Ohki S. and Hatashita M.*, 2012) [2], індуковані мутанти можуть допомогти селекціонеру в тих випадках, коли у відомому вже різноманітні генофонду культурних рослин відсутні форми з деякими необхідними господарсько-цінними ознаками. Вважається також, що використання мутантів в селекції йде в основному двома шляхами: 1) мутантна рослина, ідентифікована в M_2 – M_n , стає родоначальником нового сорту; 2) мутанти, що залучаються до схрещування, стають донорами адаптивно значимих і інших господарсько-цінних ознак. Згідно з даними МАГАТЕ у світі зареєстровано більше 600 сортів сільськогосподарських культур, створених шляхом прямого використання мутантів або залучення їх у схрещування в якості донорів.

Одним з найперспективніших напрямків у мутаційній селекції є отримання мутантів з геном *ms*, який генетично контролює чоловічу стерильність. Мова йде про вирішення проблеми зниження собівартості гібридного насіння в разі використання при гібридизації материнських (\varnothing) ліній томата, які не потребують кастрації квіток. Інакше кажучи – процес переведення гібридного насінництва на стерильну основу.

Не менш важливий напрямок мутаційної селекції пов'язаний зі зміною архітектури рослин. Так, наприклад, добре себе зарекомендували у селекціонерів мутантна форма кукурудзи з вертикально розташованими листям (типу мутанта *ligules*), гороху без листя, квасолі зі сріблясто-зеленим листом (*Snoad, B., & Davies, D. R.*, 1972) [3], томату з картопляним типом листка (ген *c*) та з індетермінантним і карликовим типом куща (гени *sp+ i d*) (Самовол, О. П., Могильна, О. М., Кондратенко, С. І., 2019) [4]; (Самовол, О. П., Кондратенко, С. І., Горобченко, О. О, Ніколов, О. Т., Замицька, Т. М., 2019) [5]). Значну цінність для селекції представляють мутації, що забезпечують кращу адаптацію рослин до умов навколишнього середовища. Серед мутантів томата, гороху та інших культур зустрічаються такі, що далеко не перевершують вихідні лінії за своїми господарсько-цінними ознаками в одних умовах, тоді як в інших, навпаки, таке перевершення має місце. Встановлений факт вказує на необхідність вирощування мутантів у різних екологічних умовах, що дозволить модифікувати фенотиповий ефект дії мутантного гена. Однак бувають випадки, коли деякі гени в нових умовах середовища можуть взагалі не експресуватися.

Метод індукованого мутагенезу може бути використаним для подолання негативних кореляцій, наприклад, між такими ознаками, як висока врожайність і

скоростиглість, стійкість до хвороб і вміст біологічно цінних компонентів у продуктивній частині рослин та ін. (Долгих, С. Т., Твердохлебов, В. А., 1975) [6].

Класичним прикладом ефективного використання методів мутаційної селекції є перенесення невеликої ділянки хромосоми *Aegilops umdellulata*, яка забезпечує стійкість до листової іржі, в хромосому м'якої пшениці *Triticum aestivum*. Аналогічним методом м'якої пшениці була передана стійкість до стеблової іржі (*P. graminis* Pers.) від *Agropyron elongatum* (Sears E.R., 1956) [7].

Селекціонери і технологи зарубіжних країн, які працюють за напрямком зберігання продукції томата, вже досить тривалий час застосовують мутагени як фізичної, так і хімічної природи. Наприклад, групою дослідників з Малайзії підтверджено високу ефективність хімічної сполуки етилметансульфонату (ЕМС), як хімічного мутагену, який індукував хромосомну аберацію, що спонукало істотні відмінності у рослин культурного томата (Ahmed M.A., Chakraborty N., Tabana Y., Dahham S.S. et al., 2017) [8]. Група індійських вчених установила високу мутагенну силу комбінованого застосування двох хімічних мутагенів – етилметансульфонату (ЕМС) і гідразингідрату (ГГ) на томаті (Laskar R.A., Chaudhary C., Khan S., Chandra A., 2016) [9].

Результати проведених експериментів в індійському Центрі атомних досліджень (BARC) міста Мумбай відзначили високу ефективність використання фізичного мутагену (гамма-випромінювання) у дозах 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 і 50 кР при обробці насіння томата (Vishnu P.B., Rakesh C.V., 2018) [10]. Було встановлено, що такі кількісні ознаки рослин томата, як схожість насіння, виживання рослин, кількість листків і пагонів та висота рослин проявили тенденцію до зменшення середнього значення зі збільшенням інтенсивності гамма-випромінювання.

З метою розробки способу, який продовжив би термін зберігання томатів, групою бразильських вчених було використано опромінювання плодів томата радіоактивними ізотопами кобальту (^{60}Co) у дозах 1,0, 1,5 і 2 кГр. У дослідженні використовувалися три варіанта по 100 плодів томата в кожному. Потім 25 плодів кожного з варіантів використовували в якості контрольної групи, а 75 опромінювали однією з трьох зазначених доз. Оцінка терміну придатності томатів до і після використання опромінювання була проведена шляхом візуального спостереження за розпадом плодів. Після закінчення терміну експерименту було відзначено, що найкращий ефект проявився у другій партії (повторності). Так, при застосуванні дози 1,0 кГр спостерігалось збільшення терміну зберігання на 15 діб у порівнянні з контрольним варіантом, термін зберігання у якого склав 40 діб. При застосуванні дози 1,5 кГр тривалість життя плодів становила 70 діб, а при дозі 2,0 кГр вона складала 106 діб, починаючи з початкової дати постановки досліду (Vicalvi M. C., Solidonio E. G., Melo P. et al., 2003). (11)

Для затримання періоду дозрівання і, отже, продовження терміну зберігання врожаю двох сортів томата (Amani і Beto 86), їх плоди на стадії ледь помітного “побуріння” піддавали впливу гамма-променів у дозах 0,25, 0,50 і 1,0 кГр. Обробка на зазначеній стадії та рівнях доз істотно зменшила ($p \leq 0,05$) втрату їх маси, частоту дихання і затримку розм'якшення у обох сортів. Тоді як максимальний рі-

вень вмісту біологічно цінних речовин в плодах (вітаміну С, розчинних сухих речовин і загального цукру) був досягнутий за рахунок більш високих доз гамма-опромінення у порівнянні з неопроміненими плодами (Adam M.Y., Elbashir H.A. and Ahmed A.H.R., 2014) [12].

Вважається, що при мутаційної селекції найбільш ефективний відбір селекційно-цінних генотипів при обробці насіння і живців буває в поколінні M_2 , хоча деякі мутації виявляються і в M_3 , і у більш пізніх поколіннях.

Проведені нами багаторічні дослідження з мутаційної селекції включали три основних напрямки, а саме: 1) створення мутантних форм томата з моногенно-контрольованими маркерними генами (особливу увагу приділено формам з геном *ms*, який здійснює генетичний контроль над чоловічою стерильністю); 2) створення багатомаркерних мутантних форм томата на єдиній генетичній основі сорту; 3) створення мутантних ліній томата з підвищеними і високими прийнятими значеннями селекційно-цінних кількісних і якісних ознак.

1. ОБ'ЄКТ І ОСНОВНІ ЕТАПИ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ МУТАНТНИХ ФОРМ ТОМАТА В СЕЛЕКЦІЇ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

З метою розширення спектру генотипової мінливості томату (*L. esculentum* Mill.) у 2011 році на експериментальній базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН був розпочатий дослід з фізичного мутагенезу. За об'єкт досліджень використовувалися сорти томату різного напрямку – придатні до механізованого збирання врожаю (I група сортів) – Легінь, Ріо-Гранде, Голда, Ріо-Фуего, Дорал, Інгулецький-1 та універсального й салатного використання (II група сортів) – Карась, Чайка, Тришка, Елеонора, Алтай, Малинове Віканте, Клондайк.

Технологія індукованого мутагенеза включає наступні основні етапи:

I етап – проведення в установці закритого типу “Дослідник” (180 Р/хв) передпосівної обробки повітряно-сухого насіння γ -опромінюванням дозами 60 і 130 Гр;

II етап – висів насіння та вирощування рослин в розсадному відділенні пливкової теплиці (в деяких варіантах насіння сортів томата обробляли γ -опромінюванням, але в указаний рік не висівали, а зберігали з метою підвищення мутабельності рослин);

III етап – проведення стаціонарної висадки рослин покоління M_1 та рослин, одержаних із насіння, яке не зазнало γ -опромінювання (контрольний варіант), в скляній теплиці;

IV етап – проведення ідентифікації мутантних зразків покоління M_2 – M_n за особливостями прояву якісних і кількісних ознак в умовах скляної теплиці;

V етап – оцінка потомств одно- і багатомаркерних мутантних форм за стабільністю фенотипового прояву маркованих генів;

VI етап – підбір одномаркерних мутантних форм, у яких фенотиповий ефект гена проявляється на ранній стадії онтогенезу для використання у гетерозисній селекції (відбраковування негібридних рослин) та багатомаркерних мутантних форм, отриманих на єдиному генотиповому середовищі для вико-

ристання у рекомбінаційній селекції (визначення рекомбінаційних параметрів мейозу).

Досліди закладали за стандартними методиками, які викладено у науково-методичних виданнях: “Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві” [13], “Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта” [14], “Методика и техника селекционной работы з томатом” [15]. Статистичну обробку даних проводили згідно “Методики полевого опыта” (Доспехов В.А. [16]).

Аналіз фенотипу мутантних форм томату дозволив виявити відмінність від рослин вихідних сортів за якісними ознаками – у напрямі зміни їх фізіологічного і морфологічного стану на рівні прояву у рослин одномаркерних і багатомаркерних генів; за кількісними ознаками – у напрямі скорочування довжини вегетаційного періоду, підвищення врожайності та – вмісту у плодах біохімічних показників.

2. ОТРИМАННЯ МУТАНТНИХ ФОРМ ТОМАТА ЗА МОНОГЕННО-КОНТРОЛЬОВАНИМИ МАРКЕРНИМИ ГЕНАМИ

2.1. Рівень мутабельності у рослин сортів томату регіональної та зарубіжної селекції за генетично-маркованими ознаками

У результаті індукованого мутагенезу у рослин вище наведених сортів було виявлено різну норму реакції мутабельності якісних ознак на багаторазове γ -опроміювання їх насіння. Так, наприклад, в отриманих нами мутантних рослин простежується чітка проява фенотипової зміни функції репродуктивних органів – надмірне збільшення кількості квіток у суцвітті (ген *mult*, рис. 1), нитковидне листя (ген *и*, рис. 2), зовнішнє і внутрішнє забарвлення плоду (гени *r*, *r+* і



Рисунок 1 Надмірне збільшення кількості квіток у суцвітті (ген *mult*) мутантних рослин з карликовим габітусом (ген *d*), похідних від сортів томата Ріо-Фуего і Клондайк, придатних до механізованого збирання врожаю



Рисунок 2 Нитковидне листя (ген *w*) у мутантних рослин, похідних від сортів Елеонора і Легінь, різних напрямків використання



Рисунок 3 Конверсія генів r^+ на *gf* і r^+ на *r* (зміна червоного забарвлення плоду на брудно-червону і на жовту) у мутантних рослин, похідних від сортів Легінь і Інгулецький-1, придатних до механізованого збирання врожаю

gf, рис. 3), зміна типу листка на картопляний (ген *c*) і забарвлення його поверхні (ген *m-2*, який контролює прояв хлоротичної крапчатості) та типи куща – детермінантний, індетермінантний і карликовий (гени *sp*, *sp+* і *d*, рис. 4, 5), “золоті” смужки на епідермісі зрілого плоду (ген *gs*, рис. 6), жовті сім’ядолі (ген *wv*), а також проява у рослин високого відсотка стерильності пилку (ген *ms*) (табл. 1).

Слід відмітити, що сорту Елеонора, порівняно з іншими сортами, властива висока мутабільна схильність до дії γ -опромінювання дозою 60 Гр, що підтверджується додатково нашими даними (Самовол, А. П., Корниенко, С. И., Николов, О. Т., Горобченко, О. А., 2015) [17]; Наприклад, в межах однієї або групи рослин сорту Елеонора в одному випадку спостерігалися фенотипові зміни окремих морфологічних ознак, контрольованих маркерними генами з різним поєднанням їх прояву в онтогенезі. В іншому випадку, зустрічалися рослини з

повністю фертильним пилок, однак впродовж усього онтогенезу зав'язування плодів не спостерігали. Можна тільки припустити, що це пов'язано зі стерильністю яйцеклітин.



Рисунок 4 Конверсія генів: *sp* (детермінантний габітус) на *sp*⁺ (індетермінантний) і *c*⁺ (звичайна розсічений тип листка) на *c* (картопляний тип листка), *r*⁺ на *r* (зміна червоного забарвлення плоду на жовту) у мутантних рослин, похідних від сорту Елеонора, придатного до свіжого споживання і переробки



Рисунок 5 Прояв гену *c* (картопляний тип листка) і гену *m-2* (крупчатість листка) у мутантних рослин картопляного типу (ген *d*) сорту Чайка



Рисунок 6 Забарвлення епідермісу плоду (ген *gs* – радіальні, темно-зелені смуги у незрілих плодів, золотисті – у зрілих) у мутантних рослин, похідних від сорту Елеонора

Таблиця 1 – Характеристика мутантних рослин томага із вегетативним порушенням їх розвитку в онтогенезі (2012–2016 рр.)

№ зразка	Сорт (рік γ-обробки насіння; доза)	Пилок (Ф./С.), % **	Виявлені відхилення від типового розвитку (в т.ч. наявність генів) ***
66.	Елеонора (2012-16; 60 Гр)	100 / 0	Рослини з наступними генами: <i>c,d; c; m-2; c; m-2; C</i> ; конверсія гена <i>sp</i> на <i>sp+</i> ; ген <i>gs</i> – “золоті” смужки на епідермісі зрілого плоду.
67.	Елеонора (2012-16; 60 Гр)	100 / 0	З 10 рослин дві мають 3 гена – <i>ш</i> , <i>c; m-2</i> ; 8 рослин мають 2 гена – <i>c; m-2</i> .
68.	Елеонора (2012-16; 60 Гр)	100 / 0	1 рослина має гени <i>c; d</i> ; 1 рослина має гени <i>m-2; c</i> ; 1 рослина має ген <i>c</i> та конверсію гена <i>sp</i> на <i>sp+</i> .
69.	Елеонора (2012-16; 60 Гр)	100 / 0	У 3 рослин є ген <i>c</i> , зав'язь відсутня (можливо стерильні яйцеклітини).
104.	Елеонора (2012, 2013, 2015; 60 Гр)	100 / 0	У 6 рослин зав'язь відсутня (можливо стерильні яйцеклітини).
47.	Тришка (2012, 2013, 2014-16; 60 Гр)	0 / 100	1 рослина має ген <i>ms</i> – зав'язався один пилід без насіння, лінійно стабільно зберігає стерильність
70.	Малинове Віканге (2012, 2015, 2016; 60 Гр)	30 / 70	1 рослина має нитковидні листки (ген <i>ш</i>), зав'язування плодів на першій китиці відсутнє та присутня чоловіча стерильність (ген <i>ms</i>).
79.	Ріо-Гранде (2011, 2012*, 2014-16; 60 Гр)	20 / 80	1 рослина має ген <i>ms</i> , квітки великі, плоди нетипові, насіння відсутнє.
112.	Ріо-Гранде (2011, 2013, 2014; 60 Гр)	10 / 90	1 рослина має ген <i>ms</i> , плоди нетипові, насіння відсутнє.
82.	Дорал (2011, 2012*, 2014-16; 60 Гр)	15 / 85	1 рослина має ген <i>ms</i> – зав'язь відсутня на перших 2-х китицях.
90.	Легінь (2011, 2012*, 2014, 2016; 130 Гр)	30 / 70	1 рослина має ген <i>ms</i> – зав'язь відсутня на першій китиці; конверсія гена <i>r+</i> на <i>gf</i> .
91.	Інгульський-1 (2011, 2012*, 2014-16; 130 Гр)	0 / 100	1 рослина має ген <i>ms</i> – відсутні пилок та зав'язування плодів, стерильність не стабільна
92 р.4.	Інгульський-1 (2011, 2012*, 2014-16; 130 Гр)	10 / 90	1 рослина має ген <i>ms</i> – зав'язь відсутня на перших 3-х китицях.
92 р.12	Інгульський-1 (2011, 2012*, 2014-16; 130 Гр)	5 / 95	1 рослина має ген <i>ms</i> – зав'язь відсутня на перших 3-х китицях.

Примітки:

2012* (в цій таблиці та наступних означає, що насіння сортів томага обробляли γ-опромінюванням, але в указаний рік не вивідали, а зберігали з метою підвищення мутабельності рослин);

** – (Ф./С.) – фертильність / стерильність пилку;

*** – символи генів, які контролюють наступні ознаки – *c* (картопляний тип листка), *d* (карликовий тип куща), *m-2* (кратчатиість листка), *C* (звичайний тип листка), *sp* (детермінантний тип куща), *sp+* (індетермінантний тип куща), *ш* (жовті сім'ядолі), конверсія гена *r+* на *gf* (червоне забарвлення плоду на брудно-червоне).

У дібраних рослин з інших сортів, у т. ч. придатних до механізованого збирання врожаю, проявився різний відсоток стерильності пилку, яка досить часто супроводжувалася відхиленням від типового розвитку вегетативних та генеративних органів в онтогенезі. Це стосується рослин наступних сортів: Малинове Віканте, Ріо-Гранде, Дорал, Легінь й Інгулецький-1 (див. табл. 1).

2.2. Фактори, що визначають залежність рівня відсотку стерильності пилку у одержаних мутантних форм томату з генною чоловічою стерильністю

Для практичної селекції (ведення гібридного насінництва на стерильній основі) найбільшу значимість мають створені на основі індукованого мутагенезу лінії з геном *ms*, у яких стабільно и на високому рівні підтримується стерильність пилку (табл. 2).

У таблиці 2 наведено прояв чоловічої стерильності у 6 мутантних ліній, яка контролюється рецесивним геном *ms*. Слід також відмітити, що рівень відсотку стерильності пилку залежить від:

- кількості γ -обробок насіння;
- дози γ -опромінювання насіння;
- тривалості вирощування потомств (*M*);
- норми реакції генетичної основи вихідного сорту томату на дію мутагенного фактору;
- зберігання γ -опроміненого насіння впродовж одного року.

Простежується специфічний ефект дії дози γ -опромінювання на рівні 60 Гр щодо стерильності пилку, яка варіювала у мутантних ліній в межах від 94 % (49 р.6), яка є похідною від сорту Елеонора, до 100 % (47 р.10) – похідна від сорту Іришка. З даною лінією продовжується селекційна робота у напрямі збільшення маси плоду. Крім останньої мутантної лінії, високим відсотком стерильності (99 %) відмічається лінія (107 р.4), що походить від базового сорту Інгулецький-1.

Важливо відзначити, що базові сорти, від яких були одержані мутантні лінії, характеризуються високими значеннями біологічно цінних компонентів у плодах і коротким вегетаційним періодом, тобто ультра ранньостиглістю (табл. 3).

Є підстави стверджувати, що створені нами гібриди F_1 на стерильній основі з мутантними лініями 47 р.10 і 107 р.4, у більшості випадків зберігають і навіть перевершують окремі господарсько-цінні ознаки своїх вихідних батьківських форм – Іришка і Інгулецький-1. Дані, що підтверджують вище сказане, представлені в таблицях 3, 4 і 5.

Таблиця 2 – Блок мутантних ліній томата з проявом генної чоловічої стерильності, %

№ з/п	Вихідний базовий сорт	Номер, рік прояви мутантної лінії	Запропонований спосіб (грунтується на послідовній реакції геному сорту на дію мутагенного фактору та його оптимізуючих складових #*)					
			Роки γ-опроміювання насіння, доза					
			2012, 2013, 60 Гр	2012-2014, 130 Гр	2011, 2013 60 Гр	2011, 2012 * 130 Гр	2011, 2012 * 60 Гр	2012, 2013 60 Гр
1.	Елеонора	49 р.6	94 %					
2.	Клондайк	50 р.1		95 %				
3.	Ріо-Гранде	86 р.5			95 %			
4.	Голда	104 р.2				97 %		
5.	Інгулецький-1	107 р.4					99 %	М-3
6.	Іришка	47 р.10						100 % М-3

Примітка:

– 2014 р.

– кількість γ-обробок насіння, доза гама-опромінення, тривалість вирощування потомств (М);

* – позначення, яке вказує на те, що у зазначений рік насіння було опромінене і зберігалось протягом року до посіву і висадки розсади у 2013 році.

Таблиця 3 – Характеристика за господарсько-цінними ознаками вихідних базових сортів, від яких були походні мутантні лінії (47 р.10 і 107 р.4) з високим відсотком стерильності пилку

№ з/п	Сорт	Вміст у плодах				Тривалість вегетаційного періоду, днів
		сухої речовини, %	загального цукру, %	вітаміну С, мг/100	кислот, що титруються, %	
1.	Іришка	6,35	4,98	29,57	0,66	89
2.	Інгулецький-1	6,77	4,34	22,74	0,69	97

Таблиця 4 – Прояв господарсько-цінних ознак у гетерозигот F₁, одержаних на основі стерильної мутантної лінії 47 р. 10

№ з/п	Гібрид F ₁ (♀ мутантна лінія 47 р.10 X ♂ сорт)	Вміст у плодах				Тривалість вегетаційного періоду, днів
		сухої речовини, %	загального цукру, %	вітаміну С, мг/100	кислот, що титруються, %	
1.	♂ Карась	5,0	3,8	25,0	0,45	98
2.	♂ Малине Віконте	5,0	3,6	21,0	0,58	100
3.	♂ Астероїд	6,0	4,0	25,1	0,65	97
4.	♂ Алета	5,0	4,0	19,0	0,61	101
5.	♂ Севен	7,0	4,1	26,0	0,72	99
6.	♂ Роса	7,1	4,2	23,0	0,75	100
7.	♂ Лінія 127	7,0	4,4	22,0	0,89	106
8.	♂ Кумач	6,1	4,1	24,0	0,65	96
9.	♂ Прелюдія	7,1	4,8	22,3	0,24	86
10.	♂ Венета	5,0	4,0	19,3	0,59	100
11.	♂ Легінь	5,2	4,0	19,1	0,84	87
12.	♂ Наддніпрянський-1	5,1	4,1	21,3	0,66	97

Таблиця 5 – Прояв господарсько-цінних ознак стерильної мутантної лінії 107 р.4 у гетерозиготі F₁

№ з/п	Гібрид F ₁ (♀ мутантна лінія 107 р.4 X ♂ сорт)	Вміст у плодах				Тривалість вегетаційного періоду, днів
		сухої речовини, %	Загального цукру, %	вітаміну С, мг/100	кислот, що титруються, %	
1.	♂ Прелюдія	5,5	3,2	21,0	0,64	95
2.	♂ Венета	5,0	3,0	40,2	0,68	95
3.	♂ Сармат	5,0	3,0	18,1	0,66	95

3. ОСНОВНІ ЕТАПИ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БАГАТОМАРКЕРНИХ МУТАНТНИХ ФОРМ ТОМАТА

Слід зазначити, що створення багатомаркерних мутантних форм включає процес слідуєчих технологічних етапів:

I етап – проведення щорічного (протягом чотирьох – п'яти років) перед-посівного γ -опроміювання сухого насіння, яке попередньо було зібране з усіх рослин томата конкретного потомства (M_1 – M_5) (схема на рис. 7).

II етап – проведення пошуку серед сортових популяцій (M_2 – M_5) рослин з чітким проявом фенотипових змін на рівні вегетативних і генеративних систем та відбору мутантних форм за максимальною кількістю таких зін;

III етап – проведення опису та фіксації року фенотипового прояву індукованих маркерних генів та їх кількість для кожної з ідентифікованої багатомаркерної мутантної форми томата, а також належність генів до певної хромосоми (наглядно наведено в таблиці 5)

IV етап – проведення вмісту біологічно цінних компонентів у плодах багатомаркерної мутантної лінії, похідної від сорту томата Елеонора (наведено в таблиці 5)

V етап – проведення порівняльного аналізу двох способів, за витратою часу для створення багатомаркерних мутантних форм томата на єдиному генотиповому середовищі (переконливо підтверджено перевагу запропонованого нами способу (див. схему на рис. 7).

4. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІНІЙ ТОМАТУ ЗА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ МЕТОДОМ МУТАЦІЙНОЇ СЕЛЕКЦІЇ

4.1. Етап формування репродуктивного навантаження у дібранних рослин із сортових популяцій томату, насіння яких обробляли γ -опроміюванням, на рівні зав'язування плодів

Для виявлення норми реакції генетичної основи рослин різних сортів томата в якості першого критерію рівня індивідуальної мутабільності використовували такий показник, як формування репродуктивного навантаження (частота рослин із сформованими плодами) на першій, другій і третій китицях. Контролем слугували рослини тих же сортів, у яких насіння зазначеним мутагенним чинником не обробляли. Дослідження проводилися протягом 2015–2017 років.

В цілому нами встановлено норму реакції вивчених сортів на γ -обробку насіння дозою 60 Гр, яка залежала від генетичної основи сорту, років обробки вказаною дозою та порядку розташування китиць на рослинах. Звернемося до конкретних даних з частоти рослин із сформованими плодами. За усередненими трьохрічними даними встановлено, що на першій китиці за вказаним критерієм мінімальний ефект на рівні 10 % (по відношенню до контролю) зафіксовано тільки у сорту Голда, який відноситься до I групи сортів. Стосовно другої китиці, у

Кількість років для створення шестимаркерної мутантної лінії	Стандартний на основі послідовного (ступеневого) сингезу	Спосіб	Запропонований на основі багаторазової передпосівної γ -обробки насіння вихідної форми γ -обробка насіння сорту і вирощування рослини M_1 *
1.	$\text{♀ } aw, u \times \text{♂ } u$ - гібридизація		M_2^{**} - фенотиповий прояв генів aw, u
2.	F_1 - вирощування		M_3^{***} - фенотиповий прояв генів $aw, u, j-2, c$
3.	F_2 - добір генотипу з генами aw, u		M_4^{****} - фенотиповий прояв генів $aw, u, j-2, c, r$
4.	$\text{♀ } aw, u \times \text{♂ } j-2$ - гібридизація		M_5^{*****} - фенотиповий прояв генів $aw, u, j-2, c, r, sp+$
5.	F_1 - вирощування		
6.	F_2 - добір генотипу з генами $aw, u, j-2$		
7.	$\text{♀ } aw, u, j-2 \times \text{♂ } c$ - гібридизація		
8.	F_1 - вирощування		
9.	F_2 - добір генотипу з генами $aw, u, j-2, c$		
10.	$\text{♀ } aw, u, j-2, c \times \text{♂ } r$ - гібридизація		
11.	F_1 - вирощування		
12.	F_2 - добір генотипу з генами $aw, u, j-2, c, r$		
13.	$\text{♀ } aw, u, j-2, c, r \times \text{♂ } sp+$ - гібридизація		
14.	F_1 - вирощування		
15.	F_2 - добір генотипу з генами $aw, u, j-2, c, r, sp+$		

Рисунок 7. Схема порівняння двох способів створення багатомаркерних мутантних форм томата на прикладі високомутабельного сорту томата Елеонора.

Примітки:

1. * - при обробці насіння зазначеного сорту γ -опромінюванням дозою 60 Гр депресії росту у рослини M_1 не спостерігалося (1-й рік);
2. ** - насіння потомства M_1 (M_2) опромінили і серед вирощеної популяції відмітили рослину з двома маркерними генами aw, u (2-й рік);
3. *** - насіння зібране з усіх рослин потомства M_2 (M_3) опромінили і відмітили рослину із чотирма маркерними генами $aw, u, j-2, c$ (3-й рік);
4. **** - насіння потомства M_3 (M_4) опромінили і в популяції відмітили рослину, у якій проявилось п'ять маркерних генів $aw, u, j-2, c, r$ (4-й рік);
5. ***** - насіння потомства M_4 (M_5) також обробили γ -опромінюванням дозою 60 Гр і в популяції ідентифікували рослину, у якій проявилось шість фенотипових маркерних генів $aw, u, j-2, c, r, sp+$ (5-й рік).

Таблиця 6 – Фенотиповий прояв маркерних генів у рослин сортів регіональної селекції томата, як результат застосування методу індукованого мутагенезу

№ зразка	Сорт (роки обробки насіння γ -опромінюванням, Гр)	Потомство, рік прояву генів	Фенотипові символи маркерних генів **	Хромосоми ***
69 p.1	Елеонора (12-16; 60 Гр)	M ₅ , 2016	<i>aw, u, j-2, c, r, sp+</i> ****	2,10,11,6,3,6
68 p.2	Елеонора (12-15; 60 Гр)	M ₄ , 2015	<i>c, aw, u, m-2</i>	6,2,10,6
68 p.4	Елеонора (12-15; 60 Гр)	M ₄ , 2015	<i>c, aw, u</i>	6,2,10
66 p.6	Елеонора (12-16; 60 Гр)	M ₅ , 2016	<i>c, aw, u, gs</i>	6,2,10,7
68 p.5	Елеонора (12-15; 60 Гр)	M ₄ , 2015	<i>c, aw, u, m-2, wv</i>	6,2,10,6,2
68 p.9	Елеонора (12-15; 60 Гр)	M ₄ , 2015	<i>c, aw, u, sp+</i>	6,2,10,6
105 p.1	Інгулецький-1 (11; 12*, 14-16; 130 Гр)	M ₄ , 2015	<i>ms</i>	-
147 p.10	Тришка (12,13; 60 Гр)	M ₃ , 2014	<i>ms</i>	-

Примітки:

- 1) * – 2012* означає, що у зазначеному році насіння були опромінені і зберігалися до їх посіву і висаджування одержуваних з них рослин у 2013 році;
- 2) ** – фенотиповий символ прояву конкретного маркерного гена: *aw* – стебла і листки завжди без антоціану, *u* – недозрілі плоди рівномірного світло-зеленого забарвлення без темних смуг, *j-2* – плодоніжка без колінця, *c* – картопляний тип листка, *r* – жовтий колір м'якуша плоду, *sp+* – індетермінатний габітус рослини, *m-2* – дуже дрібні, хлоротичні плями на листках, *gs* – радіальні, темно-зелені смуги в епідермісі незрілих плодів та золотисті – у зрілих плодах, *wv* – сім'ядолі білувато-жовті, *ms* – генна чоловіча стерильність;
- 3) *** – приналежність індукованих маркерних генів до конкретних хромосом погоджено з алфавітним списком (I), який наведено у монографії (Жученко А.А., 1973) [18];
- 4) **** – шестимаркерну мутантну лінію, створену на основі індукованого мутагенезу, можна широко використовувати не тільки у генетичних дослідженнях для визначення, у більшості випадків, рівня рекомбінаційної мінливості за зчепленими та незчепленими маркерними генами, але і в гетерозисній селекції для контролю гібридності рослин. Крім того, рослини зазначеної лінії синтезують у плодах високі показники основних біологічно цінних компонентів по відношенню до вихідної форми – сорту томата Елеонора (табл. 6).

Таблиця 6 – Вміст біологічно цінних компонентів у плодах багатомаркерної мутантної лінії, похідної від сорту томата Елеонора

Назва зразка	Вміст у плодах:			
	сухої розчинної речовини, %	загального цукру, %	вітаміну С, мг/100	титрованих кислот, %
Сорт Елеонора	5,8	3,5	29,1	0,55
Лінія 69 p.1	6,4	4,8	29,2	0,71
НІР _{0,05}	0,2	0,3	-	0,09

зазначеного сорту ефект сформованого репродуктивного навантаження підвищується у порівнянні з контролем на 20 %. Підвищену мутабільність у порівнянні з контролем проявив також сорт Ріо-Фуего на рівні 33 %. Після зняття інформації щодо репродуктивного навантаження у рослин на третій китиці виявлено позитивний ефект у більшій кількості сортів тієї ж групи. Нариклад, у сорту Дорал ліміти мінливості за репродуктивним навантаженням проявилися на рівні 30 %, за 10 % у контрольному варіанті. У рослин сорту Ріо-Фуего – на рівні 50 % за відсутністю рослин із сформованими плодами в контролі. У сорту Ріо-Гранде – 35 % (контроль – 0 %). Зберігав позитивний ефект і сорт Голда, рослини якого сформували плоди на рівні 32 %, (контроль – 0 %).

Підвищення дози γ -опромінювання до 130 Гр у більшості варіантів ситуації не змінило. Ефект проявився у сорту Інгулецький-1, який становив 30 %. У сортів Легінь, Ріо-Фуего і Дорал формування репродуктивного навантаження на першій китиці було на рівні контролю (частота рослин з плодами становила 100 %).

На другій і третій китицях після γ -опромінювання 130 Гр найбільший ефект мутабільності рослин зафіксовано у сортів Легінь й Інгулецький-1 – 83–55 % і 52–28 % відповідно.

Стосовно норми реакції рослин сортів універсального та салатного використання на γ -опромінювання (60 Гр) і на певну кількість обробок насіння трьох варіантів, позитивного ефекту на першій китиці у порівнянні з контрольним варіантом практично не було. Тоді як максимально високий ефект норми реакції на зазначену дозу проявився у сорту Чайка. Примочу у даного сорту рослин із плодами на другій і третій китицях становив 90–45 %, що істотно превалювало над контролем (25 %). За підвищеної дози γ -опромінювання (130 Гр) позитивний ефект зафіксовано також і у сорту Клондайк на першій китиці 65 %, на другій 50 % і на третій 67 % порівняно з контролем (26 %, 26 і 7 % відповідно).

4.2. Етап розрахунку частоти мутантних рослин томата за ознакою ранньостиглості та тривалості вегетаційного періоду

Протягом 2015-2017 рр. було проведено визначення ранньостиглості, а також тривалості вегетаційного періоду у популяціях рослин мутантних форм томата. Одержані дані, які наведено у табл. 7, свідчать, що найбільший вихід ранньостиглих рослин відзначено у мутантних форм, похідних від сорту Дорал (73,61 % проти 49,78 % у вихідної форми). Тенденція до збільшення виходу мутантних рослин з проявом ознаки ранньостиглості також відмічено у мутантних форм, похідних від сорту Легінь (66,78 % проти 69,83 % у вихідної форми) і сорту Чайка (82,5 % проти 87,78 % у вихідної форми).

Слід відмітити, що рівень прояву ознаки ранньостиглості для усієї вибірки досліджених зразків томата варіював в межах 49,78...98,94 %. За статистичним показником стабільності прояву даної ознаки – коефіцієнтом варіації (V) уся вибірка варіювала в межах $V = 1,17...79,28$ %, а за статистичним показником – середньостатистичне відхилення (σ) уся вибірка варіювала в межах $\sigma = 1,16...39,46$. Найбільш стабільними за проявом даної ознаки виділилися сорт Іришка та його мутантна форма ($\sigma = 1,16...3,47$, $V = 1,17...3,58$ %). Самою

нестабільною виявилася вихідна форма – сорт Дорал ($\sigma = 39,46$, $V = 79,28$ %). Відносно високою нестабільністю прояву даної ознаки відзначилися сорт Легінь і його похідна мутантна форма ($\sigma = 29,81\dots34,50$, $V = 42,68\dots51,67$ %) та сорт Елеонора та його похідна мутантна форма ($\sigma = 22,51\dots25,34$, $V = 35,65\dots38,65$ %) (див. табл. 7).

У дослідженнях також було проведено порівняльний аналіз тривалості вегетаційного періоду між мутантними формами та вихідними сортами. При цьому враховувалася також стабільність прояву даної ознаки за статистичними показниками – коефіцієнтом варіації (V) і середньостатистичним відхиленням (σ). Усереднені трьохрічні дані за роками досліджень (2015–2017 рр.) щодо прояву ознаки “Тривалість вегетаційного періоду” зведені у таблиці 8.

Як свідчать отримані дані серед у всіх сортів різних напрямків використання були виділені мутантні форми з більш скороченою тривалістю вегетаційного періоду. При цьому усі мутантні зразки статистично достовірно мали більш скорочений вегетаційний період з різницею від 2,57 до 13,91 доби порівняно із вихідними формами. Найбільша відмінність між тривалістю вегетаційного періоду відмічена у сорту Дорал та похідної від нього мутантної форми. Найменша між сортом Ріо-Гранде та похідної від нього мутантної форми. Уся досліджена вибірка досліджених зразків томата за рівнем прояву ознаки “Тривалість вегетаційного періоду” коливалася в межах від 82,74 діб до 111,15 діб (див. табл. 8). При цьому саме мутантні зразки варіювали за даною ознакою від 82,74 діб (мутантна форма похідна від сорту Іришка) до 101,59 діб (мутантна форма похідна від сорту Легінь).

За статистичним показником стабільності прояву даної ознаки – коефіцієнтом варіації (V) уся вибірка варіювала в межах $V = 3,12\dots8,10$ %, а за статистичним показником – середньостатистичне відхилення (σ) уся вибірка варіювала в межах $\sigma = 2,97\dots7,56$. Тобто уся досліджена вибірка зразків томата, як вихідні форми, так і мутантні генотипи мали досить стабільний прояв ознаки “Тривалість вегетаційного періоду” за роками досліджень (див. табл. 8).

4.3. Етап формування компонентів високої потенційної продуктивності у дібраних рослин із сортових популяцій, насіння яких обробляли γ -опромінюванням

Серед дібраних рослин сортів регіональної та зарубіжної селекції томата за більшістю суто кількісних (господарсько-цінних) ознак простежується очевидне превалювання над прийнятими значеннями за такими ж ознаками у контрольних варіантах. У більшості з них виявлено селекційно-важливу узгодженість компонентів продуктивності – формується більша кількість та велика маса плодів, що забезпечує їм високу продуктивність.

Слід відмітити, що разом із генними мутаціями під дією мутагенів можуть проявлятися зміни структури хромосом, їх кількості, затримка або стимуляція росту рослин та ін. Однак в цілому це важливо при рішенні задач суто фундаментальних досліджень. Тоді як з точки зору практичної селекції найбільший інтерес представляють інші зміни. Стосуються вони, насамперед, формування рослинами високої потенційної продуктивності як відповідної реакції на багаторазові

Таблиця 7 – Вплив обробки насіння сортів томата γ -опромінюванням дозою 60 Гр на вихід ранньостиглих похідних мутантних форм, виражений у відсотках (%)

Сорт	Варіант дослідження	Середньостатистичні значення рівня прояву кількісної ознаки за роками досліджень					Статистичні показники				
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	$X_{med} \pm m_x$	σ	$V, \%$	$Lim = X_{min} \div X_{max}$	$A_m = X_{max} - X_{min}$		
		Сорти, придатні для механізованого збирання врожаю									
Легінь	контроль	20,67	80,50	99,17	66,78 \pm 8,13	34,50	51,67	17,0 \div 100,0	83,0		
	дослід	46,83	71,33	91,33	69,83 \pm 7,03	29,81	42,68	20,0 \div 100,0	80,0		
Ріо-Гранде	контроль	73,17	98,0	98,17	89,78 \pm 2,87	12,16	13,55	71,0 \div 100,0	29,0		
	дослід	61,0	95,67	95,0	83,89 \pm 5,17	21,95	26,17	20,0 \div 100,0	80,0		
Ріо-Фуєго	контроль	48,83	98,83	98,67	82,11 \pm 5,72	24,25	29,54	47,0 \div 100,0	53,0		
	дослід	61,67	81,67	95,0	79,44 \pm 4,54	19,24	24,22	40,0 \div 100,0	60,0		
Дорал	контроль	3,33	49,0	97,0	49,78 \pm 9,30	39,46	79,28	1,0 \div 100,0	99,0		
	дослід	50,83	78,50	91,50	73,61 \pm 5,22	22,14	30,07	33,0 \div 100,0	67,0		
Сорти, рекомендовані до свіжого споживання та переробки											
Чайка	контроль	49,50	99,0	99,0	82,50 \pm 5,67	24,04	29,14	47,0 \div 100,0	53,0		
	дослід	65,83	99,33	98,17	87,78 \pm 3,91	16,59	18,90	60,0 \div 100,0	40,0		
Іришка	контроль	98,83	99,0	99,0	98,94 \pm 0,27	1,16	1,17	97,0 \div 100,0	3,0		
	дослід	95,17	96,67	98,67	96,83 \pm 0,82	3,47	3,58	90,0 \div 100,0	10,0		
Елеонора	контроль	39,17	59,17	98,33	65,56 \pm 5,97	25,34	38,65	36,0 \div 100,0	64,0		
	дослід	36,67	71,33	84,0	64,0 \pm 5,31	22,51	35,17	20,0 \div 87,0	67,0		

Таблиця 8 – Вплив обробки насіння сортів томата γ -опромінюванням дозою 60 Гр на тривалість вегетаційно-го періоду похідних мутантних форм рослин, діб *

Сорт	Варіант досліду	Середньостатистичні значення рівня прояву кількісної ознаки за роками досліджень				Статистичні показники				
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	$X_{med} \pm m_x$	σ	$V, \%$	$Lim = X_{min} \div X_{max}$	$A_m = X_{max} - X_{min}$	
Сорти, придатні для механізованого збирання врожаю										
Легінь	контроль	112,67	108,05	106,54	109,08 \pm 0,89	3,80	3,48	103,18 \div 114,0	10,82	
	дослід	107,17	102,11	95,48	101,59 \pm 1,78	7,56	7,44	87,97 \div 110,0	22,03	
Ріо-Гранде	контроль	104,33	99,95	101,01	101,76 \pm 0,85	3,63	3,56	94,43 \div 106,0	11,57	
	дослід	102,83	98,06	96,69	99,19 \pm 0,84	3,58	3,61	93,87 \div 106,0	12,13	
Ріо-Фуєго	контроль	103,50	98,35	97,95	99,93 \pm 0,83	3,53	3,54	94,20 \div 106,0	11,80	
	дослід	99,83	94,65	96,64	97,04 \pm 1,48	6,29	6,48	84,63 \div 107,0	22,37	
Дорал	контроль	112,50	106,29	101,88	106,89 \pm 1,38	5,85	5,47	95,86 \div 114,0	18,14	
	дослід	99,50	91,61	87,85	92,98 \pm 1,77	7,53	8,10	83,82 \div 109,0	25,18	
Сорти, рекомендовані до свіжого споживання та переробки										
Чайка	контроль	107,33	102,23	103,79	104,45 \pm 0,87	3,70	3,54	96,62 \div 109,0	12,38	
	дослід	103,83	99,92	99,31	101,02 \pm 0,97	4,13	4,09	92,51 \div 108,0	15,49	
Тришка	контроль	90,0	86,97	87,96	88,31 \pm 0,67	2,84	3,21	81,39 \div 92,0	10,61	
	дослід	85,33	81,26	81,63	82,74 \pm 0,61	2,58	3,12	77,93 \div 87,0	9,07	
Елеонора	контроль	114,33	110,70	108,42	111,15 \pm 0,87	3,68	3,31	103,01 \div 116,0	12,99	
	дослід	95,67	91,23	92,98	93,29 \pm 0,70	2,97	3,18	87,48 \div 98,0	10,52	

Примітка. * – За трьохрічними даними (2015–2017 рр.) також було встановлено, що збільшення дози γ -опромінювання до 130 Гр ніщоє істотне підвищення виходу ранньостиглих мутантних форм рослин у сортів Легінь (85,44 % проти 65,72 % у вихідної форми), Ріо-Фуєго (82,50 % проти 78,89 % у вихідної форми), Дорал (76,11 % проти 49,78 % у вихідної форми), а також узгоджується з напрямом зниження тривалості вегетаційного періоду у мутантних зразків сорту Легінь (97,85 діб проти 107,77 діб у вихідної форми), сорту Ріо-Фуєго (90,66 діб проти 101,26 доби), сорту Дорал (101,17 доби проти 108, 73 діб).

(протягом 3–4 років) впливи γ -опромінювання на насіння сортів регіональної та зарубіжної селекції. Для виявлення норми реакції дібраних рослин серед сортів, придатних до механізованого збирання врожаю та універсального й салатного використання після дії на їх насіння γ -опромінюванням (доза 60 і 130 Гр) використовували такі показники, як: кількість плодів на одній рослині, середня маса плоду, продуктивність. За контроль використовували дані аналогічних ознак у рослин сортів, насіння яких γ -опромінюванням не обробляли.

В результаті проведених доборів кращих мутантних зразків томату, одержаних від сортів зарубіжної і регіональної селекції у 2016–2018 роках було проведено вивчення особливостей прояву їх господарсько цінних ознак. Дані щодо прояву кількісних ознак, які визначають структуру урожайності мутантних рослин томата, похідних від сортів, придатних для свіжого споживання та переробки зведені у табл. 9. Всього досліджено 6 пар зразків томатів, які склалися з одного мутантного добору та сорту, від якого він був похідний. Для всієї дослідженої вибірки зразків розмах варіювання ознаки “Маса плоду” за усередненими даними був в межах 25,74–204,33 г з амплітудою варіювання $A_m = 178,59$ г.

Найбільший рівень даної ознаки мав мутантний зразок Клондайк (роки обробки: 2012–2014, 2015; 130 Гр), найменший – Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр). Статистично достовірне зменшення маси плодів спостерігалось у мутантних зразків, похідних від сортів Карась і Елеонора на 22,71 % і 16,79 %, відповідно. Аналогічна тенденція спостерігалась у мутантного зразка, похідного від сорту Іришка, але в межах похибки досліду даного сорту (див. табл. 9). Статистично достовірне перевищення маси плоду спостерігалось у мутантних зразків, похідних від сортів Чайка, Малинове Віканте і Клондайк на 31,72 %, 20,76 % і 3,22 %, відповідно.

Практично усі досліджені мутантні зразки статистично достовірно перевищили вихідні сорти за рівнем прояву ознаки “Кількість плодів на одній рослині” на 18,13–93,10 %. Найбільше статистично достовірне перевищення мав мутантний зразок Чайка (2013–2016; 60 Гр) над вихідним сортом, найменше – Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр). Для всієї дослідженої вибірки зразків розмах варіювання даної ознаки за усередненими даними 2016–2018 років був в межах 8,38–39,88 шт. з амплітудою варіювання $A_m = 31,50$ шт. Найбільший рівень даної ознаки мав мутантний зразок Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр), найменший – сорт Клондайк.

За винятком мутантної форми, похідної від сорту Іришка усі інші мутантні зразки статистично достовірно перевищили вихідні сорти за ознакою “Продуктивність однієї рослини”. При цьому це перевищення становило 42,01–156,17 %. Відносно вихідних сортів найвищим приростом продуктивності рослин відзначився мутантний зразок Чайка (2013–2016; 60 Гр), найменшим – Клондайк (2012–2014, 2015; 130 Гр) (див. табл. 9). Для всієї дослідженої вибірки зразків розмах варіювання даної ознаки за усередненими даними 2016–2018 років був в межах 0,73–2,40 кг / росл. з амплітудою варіювання $A_m = 0,55$ кг / росл.

Дані щодо ознак продуктивності мутантних рослин томата, одержаних від сортів, придатних для механізованого збирання врожаю наведені у табл. 10. Для аналізу було відібрано 4 пари зразків томатів, які склалися з одного мутантного добору та сорту, від якого він був похідний. Для дослідженої вибірки зразків томата розмах варіювання ознаки “Маса плоду” був в межах 59,96–102,51 г з амплі-

тудою варіювання $A_m = 42,55$ г. Найбільшою масою плоду за середньостатистичними даними 2016, 2017 років відзначився сорт Кумач. Дві мутантні форми Сармат (2015, 2016; 130 Гр) та Кумач (2015, 2016; 130 Гр) поступалися відповідним вихідним формам за даним показником (див. табл. 10) на 20,66 г і на 13,9 г, відповідно. Порівняно із вихідними сортами, статистично достовірно перевищили за масою плоду два мутантні зразки Ріо-Фуєго (2011, 2012*, 2013-2016; 60 Гр) на 22,78 % і Інгулецький-1 (2011, 2016; 130 Гр) на 56,66 % (див. табл.10).

Розмах варіювання ознаки “Кількість плодів на одній рослині” для дослідженої вибірки зразків томата коливався в межах 8,98–22,70 шт. з амплітудою варіювання $A_m = 13,72$ шт. Окрім мутантного зразку Інгулецький-1 (2011, 2016; 130 Гр), який статистично достовірно не перевищив вихідну форму – сорт Інгулецький-1 за даним показником, інші мутантні зразки були кращими від своїх вихідних сортів. Зокрема, мутантний зразок Сармат (2015, 2016; 130 Гр) на 115,7 %, Ріо-Фуєго (2011, 2012*, 2013-2016; 60 Гр) на 66,72 % і Кумач (2015, 2016; 130 Гр) на 109,16 %. Найбільший рівень за ознакою “Кількість плодів на одній рослині” мав мутантний зразок Ріо-Фуєго (2011, 2012*, 2013-2016; 60 Гр) – $22,70 \pm 1,80$ шт.

Аналіз мутантних зразків томата, похідних від сортів, придатних до механізованого збирання врожаю засвідчив їх високу продуктивність порівняно із вихідними формами. Це позначилося у статистично достовірному перевищенні даного показника на 86,05–126,32 %. За середньостатистичними даними 2016, 2017 років розмах варіювання даної ознаки становив 0,76–1,86 кг/росл. при амплітуді варіювання $A_m = 1,10$ кг / росл. Кращим за даним показником був мутантний зразок Кумач (2015, 2016; 130 Гр) – $1,86 \pm 0,24$ кг (див. табл. 10).

4.4. Етап формування біохімічного складу плодів у дібраних рослин із сортових популяцій томату, насіння яких обробляли γ -опромінюванням

Результати біохімічної оцінки плодів мутантних зразків томата, одержаних від сортів різного напрямку використання зведені у таблицях 11 і 12. Зокрема, у таблиці 11 містяться порівняльні дані за 6 парами зразків томата, які поєднують мутантні зразки та вихідні сорти, які за напрямом використання є придатними для свіжого споживання і переробки. Всього було проведено оцінку плодів за проявом чотирьох ознак – за вмістом: ”Сухой розчинної речовини”, ”Загального цукру”, ”Вітаміну С” і ”Титрованих кислот”.

Як свідчать одержані дані за усередненими середньостатистичними даними 2016, 2017 років розмах варіювання ознаки “Вміст сухої розчинної речовини” був в межах 4,46–6,05 % ($A_m = 1,59$ %). Аналогічний показник для ознаки “Вміст загального цукру” становив 2,59–4,85 % ($A_m = 2,26$ %), для ознаки “Вміст вітаміну С” – 15,75–23,12 мг / 100 г ($A_m = 7,37$ мг / 100 г) і для ознаки “Вміст титрованих кислот” – 0,36–0,70 % ($A_m = 0,34$ %). Серед дослідженої вибірки генотипів найкращим за вмістом сухої розчинної речовини і загального цукру у плодах виявився зразок Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр) – $6,05 \pm 0,18$ % і $4,85 \pm 0,35$ %, відповідно. За вмістом вітаміну С – зразок Чайка (2013-2016; 60 Гр) – $23,12 \pm 1,60$ мг / 100 г. Сорт Чайка виявився кращим за вмістом титрованих кислот – $0,70 \pm 0,04$ % (табл.11).

Таблиця 9 – Прояв кількісних ознак, які визначають урожайність мутантних зразків томата, похідних від сортів, рекомендованих для свіжого споживання та переробки

№ з/п	Мутантний зразок, роки гамма-обробки насіння, дози	Кількісні ознаки мутантних рослин томату											
		Маса плоду, г				Кількість плодів на одній рослині, шт.				Продуктивність однієї рослини, кг / росл.			
		2016р.	2017р.	2018р.	X_{med}	2016р.	2017р.	2018р.	X_{med}	2016р.	2017р.	2018р.	X_{med}
1.	Сорт Карась (контроль)	68,87	142,02	115,45	105,44	13,03	5,32	10,32	9,18	0,79	0,8	0,82	0,79
2.	Карась (2012, 2015, 2016; 60 Гр)	88,84	74,17	83,49	81,50	21,01	10,51	14,69	15,76	1,85	0,78	1,35	1,31
3.	Сорт Чайка (контроль)	56,88	63,55	61,43	60,22	12,05	11,3	12,54	11,67	0,79	0,68	0,78	0,73
4.	Чайка (2013–16; 60 Гр)	95,83	62,8	76,96	79,32	30,03	15,03	23,63	22,53	2,85	0,9	1,95	1,87
5.	Сорт Іришка (контроль)	21,57	34,75	30,25	28,16	32,01	35,49	35,71	33,75	0,59	1,24	0,93	0,91
6.	Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр)	28,61	22,86	28,32	25,74	51	28,76	40,82	39,88	1,43	0,61	1,14	1,02
7.	Сорт Елеонора (контроль)	58,99	72,43	68,32	65,71	12,02	14,82	12,98	13,42	0,73	1,08	0,95	0,90
8.	Елеонора (2012-2016; 60 Гр)	67,85	41,5	55,79	54,68	30,98	19,98	26,56	25,48	2,05	0,78	1,26	1,42
9.	Сорт Малинове Віканге (контр.)	99,01	115,01	111,14	107,01	9,81	9,61	10,35	9,71	0,82	1,18	1,06	1,0
10.	Малинове Віканге (2012, 2015, 2016; 60 Гр)	126,97	131,48	123,65	129,23	15,97	10,26	14,18	13,12	1,92	1,48	1,64	1,70
11.	Сорт Клондайк (контроль)	185,7	210,22	198,45	197,96	8,96	7,81	9,4	8,38	1,75	1,64	1,75	1,69
12.	Клондайк (2012-2015; 130 Гр)	203,87	204,78	202,31	204,33	16,05	7,83	12,4	11,94	3,26	1,55	2,35	2,40
	X_{min}	21,57	22,86	28,32	25,74	8,96	5,32	9,40	8,38	0,59	0,61	0,78	0,73
	X_{max}	203,87	210,22	202,31	204,33	51	35,49	40,82	39,88	3,26	1,64	2,35	2,4
	$A_m = X_{max} - X_{min}$	182,3	187,36	173,99	178,59	42,04	30,17	31,42	31,5	2,67	1,03	1,57	1,67
	$HP_{0,05}$	5,67	5,75	4,88	12,89	1,37	1,36	1,29	3,11	0,62	0,47	0,58	0,55

Таблиця 10 – Прояв кількісних ознак, які визначають урожайність мутантних зразків томата, похідних від сортів, придатних для механізованого збирання врожаю

№ з/п	Мутантний зразок, роки гамма-обробки на сіння, дози	Кількісні ознаки мутантних рослин томату											
		Маса плоду, г			Кількість плодів на одній рослині, шт.			Продуктивність однієї рослини, кг/роsl.					
		2016 p.	2017 p.	2018 p.	2016 p.	2017 p.	2018 p.	X_{med}	2016 p.	2017 p.	2018 p.	X_{med}	
1.	Сорт Сармат (контроль)	58,54	146,27	107,86	102,41	9,99	7,96	9,14	8,98	0,38	1,15	0,74	0,76
2.	Сармат (2015, 2016; 130 Гр)	103,44	60,07	80,85	81,75	20,95	17,79	18,65	19,37	1,98	1,08	1,44	1,53
3.	Сорт Ріо-Фуєго (контроль)	57,6	62,31	56,54	59,96	17,04	9,33	14,3	13,19	0,98	0,54	0,85	0,76
4.	Ріо-Фуєго (2011, 2012*, 2013–2016; 60 Гр)	84,64	62,6	61,54	73,62	28,04	17,36	21,54	22,70	2,33	1,11	1,65	1,72
5.	Сорт Інгулецький-1 (контроль)	52,78	76,19	63,58	64,49	16,01	13,45	16,47	14,73	0,72	1	0,75	0,86
6.	Інгулецький-1 (2011, 2016; 130 Гр)	101,77	100,29	100,35	101,03	23,05	8,04	16,71	15,54	2,42	0,78	1,54	1,60
7.	Сорт Кумач (контроль)	84,03	120,99	104,15	102,51	9,96	10,34	9,58	10,15	0,65	1,2	0,94	0,92
8.	Кумач (2015, 2016; 130 Гр)	109,25	67,97	89,54	88,61	23,03	19,43	20,87	21,23	2,46	1,26	1,95	1,86
	X_{min}	52,78	60,07	56,54	59,96	9,96	7,96	9,14	8,98	0,38	0,54	0,74	0,76
	X_{max}	109,25	146,27	107,86	102,51	28,04	19,43	21,54	22,7	2,46	1,26	1,95	1,86
	$A_m = X_{max} - X_{min}$	56,47	86,2	51,32	42,55	18,08	11,47	12,40	13,72	2,08	0,72	1,21	1,1
	НІР _{0,05}	5,8	5,81	4,57	16,34	1,55	1,46	1,48	3,28	0,64	0,59	0,42	0,57

Таблиця 11 – Прояв біохімічних ознак плодів мутантних зразків томата, похідних від сортів, рекомендованих для свіжого споживання і переробки

№ з/п	Мутантний зразок, роки γ-обробки насіння, дози	Вміст у плодах:															
		сухої розчинної речовини, %				загального цукру, %				вітаміну С, мг / 100 г							
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	X_{med}	2016 р.	2017 р.	2018 р.	X_{med}	2016 р.	2017 р.	2018 р.	X_{med}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.	Сорт Карась (контроль)	4,70	4,51	4,26	4,61	2,88	3,05	2,54	2,96	15,14	16,35	14,89	15,75	0,42	0,46	0,39	0,44
2.	Карась (2012, 2015, 2016; 60 Гр)	5,72	6,08	5,47	5,90	3,32	5,02	3,98	4,17	23,78	19,53	20,75	21,66	0,58	0,65	0,57	0,62
3.	Сорт Чайка (контроль)	4,75	5,62	5,73	5,18	2,99	2,19	2,28	2,59	22,41	18,74	21,53	20,57	0,68	0,72	0,67	0,70
4.	Чайка (2013-2016; 60 Гр)	4,69	6,2	5,51	5,44	2,73	3,8	3,46	3,26	24,86	21,38	22,89	23,12	0,52	0,52	0,49	0,52
5.	Сорт Іришка (контроль)	6,04	5,4	5,78	5,72	4,32	4,06	4,65	4,19	25,79	13,08	18,54	19,44	0,52	0,55	0,51	0,54
6.	Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр)	5,74	6,35	5,66	6,05	3,9	5,79	4,62	4,85	28,76	14,19	20,49	21,47	0,47	0,57	0,5	0,52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7.	Сорт Елсонора (контроль)	5,24	4,88	5,02	5,06	3,21	4,05	3,78	3,63	28,95	15,94	21,63	22,45	0,4	0,61	0,53	0,50
8.	Елсонора (2012–2016; 60Гр)	5,33	5,44	5,51	5,38	3,41	4,82	4,35	4,11	27,38	14,76	21,75	21,07	0,55	0,66	0,63	0,60
9.	Сорт Малинове Віканте (контроль)	4,40	4,51	4,65	4,46	3,04	3,01	2,98	3,02	16,82	16,38	15,97	16,60	0,33	0,39	0,34	0,36
10.	Малинове Віканте (2012, 2015, 2016; 60 Гр)	5,37	5,92	5,48	5,64	3,41	4,93	4,05	4,17	24,86	17,16	20,69	21,01	0,57	0,62	0,63	0,59
11.	Сорт Клондайк (контроль)	4,34	5,98	5,19	5,16	2,75	4,82	3,55	3,79	24,04	14,46	19,67	19,25	0,55	0,68	0,59	0,61
12.	Клондайк (2012–2014, 2015; 130 Гр)	4,85	4,26	4,37	4,56	3,28	2,22	2,65	2,75	25,7	13,86	19,43	19,78	0,55	0,71	0,61	0,63
	X_{min}	4,34	4,26	4,26	4,46	2,73	2,19	2,28	2,59	15,14	13,08	14,89	15,75	0,33	0,39	0,34	0,36
	X_{max}	6,04	6,35	5,78	6,05	4,32	5,79	4,65	4,85	28,95	21,38	22,89	23,12	0,68	0,72	0,67	0,7
	$A_m = X_{max} - X_{min}$	1,70	2,09	1,52	1,59	1,59	3,6	2,37	2,26	13,81	8,3	8,0	7,37	0,35	0,33	0,33	0,34
	$HP_{0,05}$	0,58	0,56	0,52	0,62	0,63	0,61	0,59	0,64	4,75	5,11	4,89	3,26	0,13	0,11	0,14	0,12

Таблиця 12 – Прояв біохімічних ознак плодів мутантних зразків томата, похідних від сортів, придатних для механізованого збирання врожаю

№ з/п	Мутантний Зразок, роки гамма-обробки насіння, дози	Вміст у плодах:															
		сухої розчинної речовини, %			загального цукру, %			вітаміну С, мг / 100 г			титрованих кислот, %						
		2016р.	2017р.	2018р.	2016р.	2017р.	2018р.	2016р.	2017р.	2018р.	2016р.	2017р.	2018р.				
1.	Сорт Сармаг (контроль)	5,42	5,82	5,71	5,62	3,46	4,2	3,79	3,83	16,08	19,76	18,16	17,92	0,33	0,76	0,49	0,54
2.	Сармаг (2015, 2016; 130 Гр)	4,64	5,87	5,73	5,25	2,83	4,68	3,56	3,75	21,1	14,96	19,42	18,03	0,4	0,48	0,41	0,44
3.	Сорт Ріо-Фуєго (контроль)	5,28	6,46	5,35	5,87	3,11	4,18	3,78	3,65	19,65	13,33	17,11	16,49	0,48	0,74	0,58	0,61
4.	Ріо-Фуєго (2011, 2012*, 2013-2016; 60 Гр)	4,28	5,99	5,30	5,13	2,8	2,21	2,44	2,51	21,2	15,19	18,78	18,20	0,5	0,67	0,55	0,58
5.	Сорт Інгульський-1 (контроль)	6,79	4,81	5,64	5,80	4,33	3,34	3,75	3,84	22,72	17,62	19,85	20,17	0,66	0,39	0,62	0,53
6.	Інгульський-1 (2011, 2016; 130 Гр)	5,17	6,63	5,78	5,90	3,13	4,87	4,37	4,0	22,98	15,48	19,02	19,23	0,47	0,54	0,53	0,51
7.	Сорт Кумач (контроль)	3,91	5,88	5,01	4,90	2,68	5,03	3,67	3,85	17,31	18,66	18,25	17,99	0,39	0,55	0,50	0,47
8.	Кумач (2015, 2016; 130 Гр)	5,02	5,52	5,11	5,26	2,83	3,03	3,01	2,93	17,17	14,41	16,33	15,79	0,64	0,61	0,62	0,62
	X_{min}	3,91	4,81	5,01	4,90	2,68	2,21	2,44	2,51	16,08	13,33	16,33	15,79	0,33	0,39	0,41	0,44
	X_{max}	6,79	6,63	5,78	5,90	4,33	5,03	4,37	4,0	22,98	19,76	19,85	20,17	0,66	0,76	0,62	0,62
	$A_m = X_{max} - X_{min}$	2,88	1,82	0,77	1,00	1,65	2,82	1,93	1,49	6,90	6,43	3,52	4,38	0,33	0,37	0,21	0,18
	НІР _{0,05}	0,61	0,60	0,57	0,61	0,60	0,57	0,48	0,65	5,92	5,27	5,75	4,47	0,14	0,17	0,13	0,11

Виявлено два мутантні зразки, які за комплексом усіх чотирьох досліджених біохімічних ознак статистично достовірно перевищили вихідні форми – сорти Карась і Малинове Віканте.

Зокрема, у відсотковому співвідношенні мутантний зразок Карась (2012, 2015, 2016; 60 Гр) за вмістом сухої розчинної речовини перевищив вихідний сорт на 27,98 %, за вмістом загального цукру на 40,88 %, за вмістом вітаміну С на 37,52 % і вмістом титрованих кислот на 40,91 %. Відповідно мутантний зразок Малинове Віканте (2012, 2015, 2016; 60 Гр) за вмістом сухої розчинної речовини перевищив вихідний сорт на 26,46 %, за вмістом загального цукру на 38,08 %, за вмістом вітаміну С на 26,57 % і вмістом титрованих кислот на 63,89 % (див. табл. 11).

Виявлено два мутантних зразки, які перевищили вихідні форми за проявом двох біохімічних ознак. Зокрема, зразок Чайка (2013-2016; 60 Гр) статистично достовірно перевищив вихідний сорт за вмістом загального цукру на 25,87 % і за вмістом вітаміну С на 12,40 %. Аналогічно, зразок Елеонора (2012-2016; 60 Гр) перевищив вихідний сорт за вмістом загального цукру на 13,22 % і вмістом титрованих кислот у плодах на 20 %. Мутантний зразок Іришка (2012, 2013, 2015, 2016; 60 Гр) перевищив вихідний сорт лише за проявом однієї ознаки “Вміст загального цукру” на 15,75 %. Мутантна форма, одержана від сорту Клондайк за комплексом досліджених біохімічних ознак статистично достовірно не перевищила вихідну форму (див. табл. 11).

У таблиці 12 містяться порівняльні дані за 4 парами зразків томата, які поєднують мутантні зразки та вихідні сорти, які за напрямом використання є придатними для механізованого збирання врожаю. Як свідчать одержані дані розмах варіювання ознаки “Вміст сухої розчинної речовини” був у межах 4,90–5,90 % ($A_m = 1,0$ %). Аналогічний показник для ознаки “Вміст загального цукру” становив 2,51–4,0 % ($A_m = 1,49$ %), для ознаки “Вміст вітаміну С” – 15,79–20,17 мг / 100 г ($A_m = 4,38$ мг / 100 г) і для ознаки “Вміст титрованих кислот” – 0,44–0,62 % ($A_m = 0,18$ %).

Серед дослідженої вибірки генотипів найкращим за вмістом сухої розчинної речовини і загального цукру виявився зразок Інгулецький-1 (2011, 2016; 130 Гр) – $5,90 \pm 0,29$ % та $4,0 \pm 0,33$ %, відповідно. За вмістом вітаміну С – сорт Інгулецький-1 $20,17 \pm 1,72$ %, за вмістом титрованих кислот – Кумач (2015, 2016; 130 Гр) $0,62 \pm 0,02$ % (табл. 12). Розмах варіювання досліджених чотирьох біохімічних ознак усіх мутантних зразків припадав на межі похибки дослідів для вихідних сортів. Порівняно із вихідною формою статистично достовірно перевищення рівня ознаки “Вміст титрованих кислот” було лише у мутантного зразка Кумач (2015, 2016; 130 Гр) на 31,92 % (див. табл. 12).

ВИСНОВКИ

Багаторічні дослідження з фізичного мутагенезу томата дозволили з індивідуально дібраних рослин в межах сортів регіональної і зарубіжної селекції, насіння яких обробляли впродовж декількох років γ -опромінюванням дозами 60 і 130 Гр, відібрати мутантні форми з явним перевищенням рівня прояву цін-

них господарських ознак порівняно із вихідними сортами, а також форми з моногенно контрольованими маркерними генами – стерильність пилку (ген *ms*), зміна вегетативних органів – тип листка (ген *c*) і куща (ген *sp +*), крапчасте забарвлення поверхні листка (ген *m-2*), жовте забарвлення плоду (ген *r*), “золоті” смужки на епідермісі зрілого плоду (ген *gs*), брудно-червоне забарвлення плоду (ген *gf*), а також забарвлення сім'ядоль (ген *inv*) та ін.

Вивчення впливу γ -опромінювання насіння сортів зарубіжної та регіональної селекції томата дозволило встановити диференційовану норму їх реакції за частотою рослин із зав'язаними плодами, яка залежить від генетичної основи сорту, варіанта обробки, дози γ -опромінювання та порядку розташування китиць на рослинах. Важливо відзначити високу стабільну стійкість геномів до підвищеної дози (130 Гр) γ -опромінювання відсотка репродуктивного навантаження на першій, другій і третій китицях у сортів: Легінь – 87,5; 82,5; 55,0 проти 100; 40; 40 у контрольних варіантах. До зниженої дози (60 Гр) у сортів: Чайка – 100; 92,5; 45 проти 100; 25; 0 у контрольних варіантах та Ріо-Фуєго – 96,6; 70,0; 53,3 проти 100; 60,0; 0 у контрольних варіантах.

Обробка γ -опромінюванням насіння сортів томата дозами 60 і 130 Гр сприяла підвищенню частоти прояву ранньостиглості у рослин, що добре узгоджується з напрямом вектора зниження тривалості вегетаційного періоду для певного блоку сортових популяцій. Найбільшою позитивною мутабільністю (підвищення частоти ранньостиглих рослин, скорочення довжини вегетаційного періоду) та селекційну цінність за вказаними високоінформативними ознаками представляє сорт універсального використання Чайка – на рівні 101,5 діб проти 107 діб у контрольного варіанта і сорти, придатні до механізованого збирання врожаю: Легінь – на рівні 108,8 діб проти 114 діб у контрольного варіанта і Дорал – 100 діб проти 113 діб у контрольного варіанта.

За результатами проведеної роботи в напрямку індукованого мутагенезу до Національного центру генетичних ресурсів рослин України за період 2016-2018 років передано 8 мутантних гомозиготних ліній томата. Іншим практичним добутком досліджень з індукованого мутагенезу томата (*L. esculentum* Mill.) була розробка двох патентів: 1) спосіб отримання багатомаркерних мутантних форм томата (*L. esculentum* Mill.) [5]; 2) спосіб одержання мутантних форм томата (*L. esculentum* Mill.) з генною чоловічою стерильністю (Самовол, О. П., Могильна, О.М., Кондратенко, С. І., Мірошніченко, Т. М., Замицька, Т. М., 2020) [19].

Слід відзначити, що технічним результатом вище вказаних способів відповідно є: 1) збільшення у рослин сорту Елеонора кількості багатомаркерних мутацій за рахунок послідовного γ -опромінювання насіння протягом чотирьох, п'яти років; 2) стабілізування у мутантних рослин 6 сортів (Елеонора, Клондайк, Ріо-Гранде, Голда, Інгулецький-1, Іришка) високого відсотка стерильності пилку, що являється успішним гарантом позитивного вирішення першого етапу технологічного процесу, пов'язаного з переведенням гібридного насінництва на стерильну основу.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Grube, R. C., Brennan, E. B., & Ryder, E. J. (2003). Characterization and genetic analysis of a lettuce (*Lactuca sativa* L.) mutant, *weary*, that exhibits reduced gravitropic response in hypocotyls and inflorescence stems. *Journal of Experimental Botany*. 54(385), 1259–1268. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg135>
2. Ohki, S. and Hatashita, M. (2012). Mutation breeding by ion beam in lettuce (*Lactuca sativa* L.) using an *in vitro* regeneration system. *Acta hortic*. Vol 961, pp. 285-290 doi: 10. 17660/Acta Hortic. 2012.961.37.
3. Snoad, B., & Davies, D. R. (1972). Breeding peas without leaves. *Span*. 15(2), 87–89.
4. Самовол, О. П., Могильна, О. М., Кондратенко, С. І. (2019). Спектр генотипової мінливості у рослин сортів томата після багаторазового гамма-опроміювання насіння. Овочівництво і баштанництво: міжвід. темат. наук. зб. 65, 6–22.
5. Самовол, О. П., Кондратенко, С. І., Горобченко, О. О., Ніколов, О. Т., Замницька, Т. М. Спосіб отримання багатомаркерних мутантних форм томата (*L. esculentum* MILL.): патент на корисну модель, Україна. МПК (2018.01) А01Н 4/00, № 131538; заявл. № у 2018 05946 від 29.05.2018; опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2.
6. Долгих, С. Т., Твердохлебов, В. А. (1975). Селекционная ценность гибридов томата, созданных при участии мутантов. В Сб.: Тезисы докл. конф. “Селекция и генетика овощных культур”, Кишинев. Ч. 3, 34–36.
7. Sears, E. R. (1956). The transfer of leaf-rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat. *Brookhaven Symp Biol*. 9(1–22).
8. Ahmed, M.A., Chakraborty, N., Tabana, Y., Dahham, S.S. et al. (2017). The Effect of Physical and Chemical Mutagen on Tomato Plant. *Advances in Biological Research*. Vol. 11 (2). P. 64–69. doi: 10. 5829/idosi. abr.
9. Laskar, R.A., Chaudhary, C., Khan, S., Chandra, A. (2016). Induction of mutagenized tomato populations for investigation on agronomic traits and mutant phenotyping. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Vol. 17. P. 51–60.
10. Vishnu, P.B., Rakesh, C.V. (2018). Properties of Gamma Radiation on Certain Morphological Characteristic of Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. Vol. 3. Issue 6. P. 190-193.
11. Vicalvi, M. C., Solidonio, E. G., Melo, P. et al. (2003). Evaluation of shelf life of tomatoes after using radiation with cobalt-60 source. *International Nuclear Atlantic Conference*. INAC. 2013. (Brasil, October 26-29, 2013). Brasil: Recife. PE, 2003. URL.
12. Adam, M.Y., Elbashir, H.A. and Ahmed, A.H.R. (2014). Effect of Gamma Radiation on Tomato Quality during Storage and Processing Current Research. *Journal of Biological Sciences*. Vol. 6 (1). P. 20-25.
13. Бондаренко, Г.Л., Яковенко, К.І. (2001). Методика дослідної справи овочівництві і баштанництві. Ін-т овочівництва і баштанництва. 3-є вид., перероб. і допов., Харків. 369 с.

14. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. (1986). Издание ВАСХНИЛ, Москва. 112 с.

15. *Кравченко, В.А., Приліпко, О.В.* (2001). Методика і техніка селекцій - ної роботи з томатом. Аграрна наука, Київ. 84 с.

16. *Доспехов, В.А.* (1985). Методика полевого опыта. Агропромиздат, Москва. 350 с.

17. *Самовол, А. П., Корниенко, С. И., Николов, О. Т., Горобченко, О. А.* (2015). Индуцированный мутагенез, сообщение 3: Норма реакции мутабельности растений томата на γ -облучение семян (третий критерий – проявление количества мутантных форм и их качественные и количественные признаки). Овочівництво і баштанництво: міжвід. темат. наук. зб. 61, 237–250.

18. *Жученко, А.А.* (1973). Генетика томатов. Изд. «Штиинца». Кишинев. 662 с.

19. Самовол, О. П., Могильна, О.М., Кондратенко, С. І., Мірошніченко, Т. М., Заміцька, Т. М. Спосіб одержання мутантних форм томата (*L. esculentum* Mill.) з генною чоловічою стерильністю: патент на корисну модель, Україна. МПК (2020.01) А01Н 4/00, № 140182; заявл. № у 2019 07452 від 04.07.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3.

Підписано до друку 23.03.20. Формат 60 × 84 1/16.

Папір офс. Гарнітура «Таймс». Друк офс.

Ум. друк. арк. 2. Обл.-вид. арк. 1,87.

Наклад 150 пр. Зам. № 5542/1

Віддруковано з оригіналів замовника.

ФОП Корзун Д.Ю.

Свідоцтво про державну реєстрацію фізичної особи-
підприємця

серія В02 № 818191 від 31.07.2002 р.

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і
розповсюджувачів

видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.

21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51а, прим. 143.

Тел.: (0432) 603-000, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852.

e-mail: info@tvoru.com.ua

<http://www.tvoru.com.ua>