

ДЕПРЕСИВНІ НАСЛІДКИ ДІЇ ГАММА-ПРОМЕНІВ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM L.*)

ІЖБОЛДІН О.О. – старший викладач
<https://orcid.org/0000-0002-8076-7206>
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Вплив фізичних мутагенів (гамма-променів) на проходження онтогенезу окремих рослин традиційно не позитивний та виражається у проблемах із нормальними процесами росту та розвитку рослин, сповільненні проходження окремих фаз вегетації, більш пізньому їх настанні порівняно з контролем (іноді до декади та більше за окремими фазами колосіння – стиглості), зниженні схожості, виживання рослин, фертильності, наявності різних морфозів. Навіть незначна на перший погляд одноразова дія мутагенами на насіння суттєво корегує виживання та продуктивність рослини пшениці озимої [4, 16, 19].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мутагенною депресією є наявність помітного пониження життєвої спроможності в перших поколіннях рослин після обробки мутагенним чинником. Виявлена чимала кількість ознак, за якими можна показувати ступінь її прояву, але найбільш широко використовуються схожість та виживання (останнє критично значуще насамперед для озимих: стерильність пилку, структура 10-денних проростків, елементи архітектури та врожайності, біологічна та господарська продуктивність рослин). Частково ці ознаки дублюються при спостереженні, а окремі з них залежно від генотипу об'єкта мутагенної дії та особливостей перебігу онтогенезу не є надійними для повноцінної оцінки фенотипової мінливості після дії [5, 17, 18].

Активність мутагенного чинника в першому поколінні проявляється при спостереженні у зниженні життєздатності, фертильності, різних морфологічних та фізіологічних ушкодженнях на рівні рослини загалом. Не рідкісними є й фізіологічні ушкодження, що й фактично визначають границі використання доз та концентрацій на практиці. Вплив окремого мутагенного чинника ідентифікується за життєздатністю рослин першого покоління при польових дослідженнях [8, 14].

Прояв мутагенної депресії цілком залежить від декількох факторів. По-перше, від суб'єкта мутагенної активності та його життєвого стану. Якщо використовуємо як суб'єкт сухе насіння, мутагенна депресія більш низька, для замоченого, проростків, пилку підвищується з кожною градацією матеріалу. Це і є суттєвим обмеженням кількості мутагенного чинника. Другим параметром є природа діючого чинника – гамма-опромінення, як властиве для фізичних мутагенів, за особливостями дії належить до мутагенів із високим проявом депресивних наслідків [9, 15].

Питання суттєвого зниження негативних наслідків депресії при тому ж рівні мутаційної мінливості (частоти та спектри мутацій) є доволі актуальним [2], до того ж

окремі дослідники встановили, що немає прямої залежності між депресією організму в першому поколінні та мутаційною мінливістю в подальших [6, 19]. Основними вважають у цьому напрямі дві можливості: пошук нових за природою дії чинників (лазер, опромінення іонами азоту вуглецю, застосування космічного простору), що призводять до того ж рівня мутаційної мінливості при значущому зниженні негативних наслідків депресії [11], та застосування стабілізуючих антимутагенів, що понижають активність діючих чинників [12; 13; 15]. Але наслідком другого варіанту досить часто є небажане зниження мінливості.

За дією на сухе насіння пшениці озимої мутагени впливають насамперед на ті ознаки, які починають формуватися в момент дії. Переважно це відзначається на параметрах онтогенезу (схожість, виживання, настання окремих фенофаз), елементах структури врожайності у першому поколінні рослин. Залежно від природи мутагени здатні проявляти депресивну або стимулюючу дію щодо процесів онтогенезу рослин першого покоління. Переважно мутагени виявляють депресивний вплив на ознаки, особливо при високих дозах та концентраціях [7]. Вивчення першого покоління рослин окремих сортів є необхідним, оскільки депресивні наслідки в першому поколінні визначають обсяг вихідного матеріалу для виявлення мутаційної активності у подальших поколіннях, відтворюють природу мутагенного чинника, пов'язану із частотою та спектром спадкових змін у наступних поколіннях, та визначають спроможність прояву домінантних змін [3, 10].

Мета. Показати наявність та специфічність депресії післядії широкого спектру доз гамма-променів у сортів пшениці озимої, адаптованих для Півночі Степу України, за показниками проходження онтогенезу, морфометрії, врожайності. Виконувалися такі завдання: вивчити показники схожості та виживання, наступу окремих фенофаз росту та розвитку у рослин пшениці озимої сортів місцевої селекції (Комерційна та Співанка) першого покоління. Ідентифікувати особливості виникнення депресії на показниках структури врожайності (морфометрія рослин) та виявити рівень їх мінливості залежно від дози та генотипу. Зробити аналіз впливу мутагенної активності гамма-променів залежно від генотипових особливостей сортів місцевої селекції та визначити їх перспективність як об'єктів мутагенної дії для підвищення рівня майбутньої мутаційної мінливості.

Матеріали та методика досліджень. У 2015–2016 рр. досліді проводилися на території навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Сухе насіння сортів

пшениці озимої селекції ДДАЕУ Співанка та Комерційна опромінювали гамма-опроміненням у дозах 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Контролем було неопромінене сухе насіння. Дози гамма-променів стандартні для спектру опромінення, що застосовується в експериментальному мутагенезі цієї культури для підвищення мінливості вихідного матеріалу [18, 19].

Обробку насіння цих сортів проводили на дослідній гамма-установці центру дослідження ядерної енергетики та тренувань департаменту ядерних технологій для харчових ресурсів ФАО-МАГАТЕ (Австрія, Фрайбург), гамма-променями радіоактивного джерела Co_{60} , потужність постійного потоку 0,048 Гр/с.

Перше покоління генотипів (M_1), що отримали дію гамма-променів, сіялися ручним способом 10-рядковими ділянками 1,5 м довжиною, кожен варіант становив тисячу зерен. Контролем було сухе насіння досліджуваних сортів, висіяне для кожного сорту.

Протягом періодів вегетації 2015–2016 років були проведені обліки зі схожості та виживання рослин у зимовий період, облік змінених рослин, у першому поколінні вивчався вплив гамма-променів на висоту рослин та елементи структури урожаю (дібрано 30 рослин на відповідний аналіз). У варіантах із високими та сублетальними (250–300 Гр) дозами гамма-променів добирали матеріал по наявності. Загальну схожість досліджували через 21 день після висіву матеріалу, коли зникала будь-яка ймовірність виявлення додаткових сходів, методом повного підрахунку живих сходів у варіанті. Показник виживаності рослин у першому поколінні обраховували у відсотках від обсягу зібраних рослин до обсягу рослинного матеріалу, що був висіяний, після зимового періоду. Рослинами, що вижили, вважали ті, що сформували озернений головний колос.

Фертильність пилкових зерен досліджували на пофарбованих ацетокарміном препаратах та спостереженнями інтенсивності фарбування у світловий мікроскоп. Всього вибірка становила 30 препаратів.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за методом дисперсійного, дискримінантного, факторного аналізу, суттєвість різниці між середніми визна-

чали за критерієм Стьюдента. Застосовували пакет аналізу програми Statistic 10.0 [14].

Результати досліджень. Онтогенез рослин першого покоління сортів, що отримали мутагенну дію, показаний в таблиці 1. Тисяча зерен висівалася для кожного варіанту (контролю, дози опромінення). За дією гамма-опромінення виявили суттєві проблеми з настанням окремих фенофаз – у Комерційної та Співанки фаза колосіння затримувалась відповідно на 5–6 днів, зернова стиглість – на 5 днів вже при помірних дозах. При дії гамма-променів у дозі 200 Гр та більше – на 8–10 днів. Фенофаза повної стиглості могла затриматись від 7 до 10 днів. Значна кількість отриманого матеріалу була недорозвинена, наявна велика кількість морфозів, особливо при дії високих доз гамма-променів. У насіння без обробки матеріал по сортах за схожістю суттєво не розрізнявся.

За дією доз по варіантах виявлено, що обидва місцевих сорти (Співанка та Комерційна) можна класифікувати як високосенситивні до дії гамма-променів – високий рівень мутагенної депресії. Так, уже дія доволі помірної дози 100 Гр була напівлетальною за виживанням для Комерційної та близькою до цього для Співанки. Доза 250 Гр виявилася в обох випадках сублетальною.

Взаємодія між сортовими особливостями та дією гамма-променів проявляється тим, що сорт Комерційна показав більшу чутливість до дії гамма-променів у діапазоні 100–200 Гр, за дії більш високої дози картина змінилася та схожість була на рівні сорту Співанка. Для обох сортів сублетальною виявилася доза 300 Гр – при нульовій та майже нульовій схожості. Щодо виживання, то для обох генотипів спостерігалася суттєва загибель при відновленні вегетації пшениці озимої через негативний вплив умов перезимівлі, що була статистично значущою в більшості випадків, але більш чітко вираженою вона була у сорту Комерційна.

Таким чином, можна провести розподіл доз для сортів місцевої селекції таким чином: 100–200 Гр – напівлетальні, доза 300 Гр – сублетальна. Бачимо суттєві відмінності щодо світової тенденції, де дози першого діапазону є помірними (крім 200 Гр), наступні (200–250 Гр) високими та 300 Гр – високою або сублетальною.

Таблиця 1

Схожість та виживання M_1 рослин

Варіант	Схожість, шт.	Схожість, %	При відновленні вегетації, шт.	При відновленні вегетації, %
Комерційна, контроль	941±14	94,1±1,4	939±14	93,9±1,4
Комерційна, 100 Гр	611±11*	61,1±1,1	540±15*	54,0±1,5
Комерційна, 150 Гр	501±17*	50,1±1,7	431±15*	43,1±1,5
Комерційна, 200 Гр.	212±23*	21,2±2,3	159±18*	15,9±1,8
Комерційна, 250 Гр.	101±23*	10,1±2,3	32±10*	3,2±1,0
Комерційна, 300 Гр.	8±11	0,8±1,1	0	0
Співанка, контроль	981±14	98,1±1,4	978±13	97,8±1,3
Співанка, 100 Гр	693±15*	69,3±1,5	652±17*	65,2±1,7
Співанка, 150 Гр	422±15*	42,2±1,5	395±15*	39,5±1,5
Співанка, 200 Гр.	278±19*	27,8±1,9	247±16*	24,7±1,6
Співанка, 250 Гр.	124±18*	12,4±1,8	69±6*	6,9±0,6
Співанка, 300 Гр.	41±16	4,1±1,6	4±7	0,4±0,7

* – різниця статистично достовірна при $t_{0,05}$

Крім вище розглянутих параметрів онтогенезу, до критично важливих також відносяться такі показники, як терміни настання окремих фенофаз у розвитку рослин та загальний рівень життєздатності пилку. Дослідження останнього проводилося за визначенням життєздатності пилку, методом фарбування пилкових зерен та дослідженням присутності та обсягів фертильного пилку при світловому мікроскопуванні препаратів.

При дослідженні рівня стерильності після дії гамма-променів (таблиця 2) кореляція між зростанням дози гамма-променів та зниженням життєздатності пилку дорівнювала $-0,92$. Тобто спостерігалася значущий зворотний зв'язок.

Таблиця 2

Рівень фертильності у М1 рослин

Варіант	Комерційна	Співанка
Контроль	99,3	97,1
Гамма-промені, 100 Гр	86,1*	85,9*
Гамма-промені, 150 Гр	75,0*	77,9*
Гамма-промені, 200 Гр	60,4*	67,2*
Гамма-промені, 250 Гр	13,7*	21,9*
Гамма-промені, 300 Гр	1,2*	7,2*

* – різниця статистично достовірна при $P_{0,05}$

У нашому дослідженні стерильність поступово зростала при збільшенні доз гамма-опромінення до дози 200 Гр., по досягненню якої відбувалося різке падіння – критичним є застосування саме дози гамма-променів 200 Гр для продуктивності, застосування гамма-променів на цьому рівні для цих генотипів приводить до невисокої втрати фертильної здатності.

У контролі (сухе насіння без обробки) обидва генотипи показали низький рівень стерильності, при дозі 100 Гр. життєздатність вже значимо впала, але не стрімко. Доза гамма-променів 150 Гр призвела до значного падіння фертильності, що показала лише 75 відсотків від контролю, наступна доза показала фертильність не більше

60–65% від загальної кількості пилкових зерен. При обох дозах Співанка демонструвала більшу стійкість до дії цього мутагену, ніж Комерційна (що відповідає й дослідженням із онтогенезу рослин), крім дози 100 Гр.

При дії 300 Гр у Комерційної матеріал не досягав до повної стиглості зерна та виживання було дуже низьким, у Співанки стерильність була дуже високою – рослини були фактично повністю стерильні, але вдалося отримати невелику кількість насіннєвого матеріалу. Але його схожість була незначною.

Першою з критичних проблем, що істотно знижують обсяги вихідного матеріалу для роботи на ранніх етапах процесу мутаційного поліпшення в практичній екологічній генетиці, є депресія, викликана дією гамма-променів, особливо у високих дозах, на деякі параметри структури рослин.

Структура врожайності вивчена за дев'ятьма основними параметрами, що наведені у таблиці 3.

Параметри загальної кущистості, продуктивної кущистості, довжини головного колоса, кількості колосків із головного колоса переважно не знижувалися суттєво при зростанні дози гамма-променів. Звісно, мутагенна післядія проявилася і на них, але рівень будь-якого з цих параметрів лише при дії сублетальної або напівлетальної дози значущо відрізнявся від контролю. Насамперед треба орієнтуватися на параметри, які знижуються з кожним зниженням кількості чинника, проте за цими елементами структури дози 100 та 150 Гр, 150 та 200 Гр не показують жодної варіативності.

Параметр висоти стебла за дії дози 100 Гр знижувався зі статистичною достовірністю порівняно з контролем у обох генотипів. Аналогічне відбувалося за дозами 150–250 Гр. Параметр загальної кущистості значно менший за варіативністю та показує мінливість при підвищенні дози тільки у сорту Співанка та тільки за дії 200–250 Гр. Впливом гамма-опромінення на параметр продуктивної кущистості показали фактично ту ж саму картину, не враховуючи мінливості для одного варіанта

Таблиця 3

Депресія показників структури врожайності першого покоління

Варіант	Висота, см	Загальна кущистість	Продуктивна кущистість	Довжина головного колосу, см	Кількість колосків, шт.	Зерна з головного колосу, шт.	Вага зерна з головного колосу, г.	Вага зерна з рослини, г.	МТЗ, г.
Комерційна, контроль	93,4	3,7	3,3	8,6	18,0	36,0	1,42	4,4	41,0
Комерційна, 100 Гр.	86,2*	3,5	3,1	8,4	17,9	35,0	1,28*	4,0	36,3*
Комерційна, 150 Гр.	81,1*	3,5	3,2	8,3	17,6	29,0*	1,12*	3,5*	31,9*
Комерційна, 200 Гр.	75,6*	3,0	2,6	7,2*	11,9*	12,0*	0,61*	2,2*	21,5*
Комерційна, 250 Гр.	65,1*	2,0*	1,2*	5,5*	8,2*	4,0*	0,11*	0,4*	15,2*
Співанка, контроль	87,5	4,3	3,9	7,7	17,6	34,0	1,24	3,9	38,9
Співанка, 100 Гр.	83,5*	3,9	3,6	7,8	17,6	33,0	1,08*	3,7	34,5*
Співанка, 150 Гр.	76,1*	3,8	3,4	7,6	17,7	29,0	0,92*	3,0*	31,0*
Співанка, 200 Гр.	71,2*	3,0*	2,0*	7,1	15,2	13,0*	0,47*	1,1*	21,5*
Співанка, 250 Гр.	43,5*	1,9*	1,1*	5,1*	7,0*	5,0*	0,4*	0,4*	7,8*
Співанка, 300 Гр.	39,2*	1,1*	1,0	4,3*	5,3*	2,0*	0,1*	0,1*	4,1*

* – різниця статистично достовірна при $P_{0,05}$

Комерційної за дією 200 Гр. Щодо елемента врожайності довжина головного колоса, то він варіативний тільки за дією 200 Гр (Комерційна) та 250 Гр. (Співанка). Така ж тенденція характерна для елемента структури врожайності – кількість колосків із головного колосу.

Такий параметр структури продуктивності, як кількість зерна з колосу, змінюється за дії усіх доз, за винятком 100–150 Гр, зі статистичною значущістю, та є високочутливим моніторинговим параметром мутагенної депресії. Вага зерна з колосу змінюється при будь-якій дозі гамма-променів та цілком відповідна за варіативністю всім показникам для надійного аналізу мутагенної депресії у гамма-променів та визначення природи мутагенної дії. Інакше – як попередня ознака висоти стебла у рослин першого покоління. Вага зерна з рослини дещо менш мінлива за попередній показник та відтворює мутагенну депресію приблизно настільки ж, як і параметр структури кількість зерна з колосу. МТЗ (маса тисячі зерен) значущо варіює при дії усіх доз гамма-променів для обох генотипів та є стабільним моніторинговим показником мутагенної депресії на рівні елементів структури висота стебла рослини та вага зерна з колосу.

Тобто достовірно показують характер мутагенної депресійної активності такі елементи структури, як висота рослин, вага зерна з головного колосу та маса тисячі зерен, частково вага зерна з рослини, частково кількість зерен з головного колосу (крім доз 100–150 Гр).

Як моніторингові по мінливості щодо поступової варіації параметру при зміні дози гамма-променів можна виявити за дискримінантним аналізом (показаний в таблиці 4) такі елементи структури, як висота рослини, вага зерна з головного колосу, вага зерна з рослини, МТЗ. Неінформативним показником виявилася кількість зерна з головного колосу.

При застосуванні дисперсійного аналізу по двох факторах, що наведено у таблиці 5, спостерігався вплив

переважно дози гамма-променів на параметри структури рослин першого покоління сортів рослин – висоту рослин, кількість зерен із головного колосу, вагу зерна з колосу, вагу зерна з рослини, МТЗ. Цей фактор був головним у відмінностях матеріалу за проявом мутагенної депресійної активності. За аналізом фактору генотипових особливостей сорту моніторинговими були такі показники, як: висота рослин, вага зерна з колосу, вага зерен з рослини, МТЗ. Значуща генотип-мутагенна взаємодія є показником досить різкої відмінності між сортами за мутагенною депресією.

Таким чином, можна вважати доведеним, що збільшення дози гамма-променів більш вагомо впливає на рослини, ніж генотип, показники «висота рослини» та «маса тисячі зерен» чітко демонструють вплив відповідного мутагенного чинника. Параметрами моніторингу депресивних наслідків можна визначити такі ознаки, як висота рослин, вага зерна з головного колосу, вага зерна з рослини, маса тисячі зерен.

У наших дослідженнях відбувається суттєве зниження класифікації доз за їх градацією. Так, зазвичай напівлетальність характерна для більш високих доз у межах не менш 200 Гр, коли в наших дослідженнях тенденція зовсім інша [17, 18]. Іноземні дослідники отримували життєздатний матеріал та потім його успішно використовували навіть для доз 300–350 Гр [10]. Як відомо, за високу чутливість вихідного матеріалу відповідає система двох рецесивних генів, що суттєво погіршує здатність матеріалу до виживання [8].

Відзначалося в дослідженнях деяких вчених, що селекція без урахування вищенаведеної особливості може призвести до фактично повної наявності в місцевих сортових ресурсах лише цієї системи, що й призводить до проблем щодо включення таких форм до програм з генетичного поліпшення через використання мутаційної мінливості [10, 18].

Таблиця 4

Дискримінантний аналіз елементів структури рослин

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (4,02)	p-level
Висота, см	0,57	10,80	0,01
Загальна кущистість	0,01	0,56	0,71
Продуктивна кущистість	0,04	1,02	0,43
Довжина головного колосу, см	0,04	1,11	0,40
Кількість колосків, шт.	0,04	1,01	0,41
Зерна з головного колосу, шт.	0,16	3,71	0,07
Вага зерна з головного колосу, г	0,26	6,09	0,02
Вага зерна з рослини, г	0,20	4,11	0,03
МТЗ, г	0,59	14,02	0,01

Таблиця 5

Аналіз факторів мутагенної депресії

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P	F критичне
Доза мутагену	1886,68	5	377,34	27,05	0,01	5,05
Генотип	108	1	108	7,74	0,03	6,61
Похибка	69,76	5	13,952			
Всього	2064,44	11				

Ця проблематика показана на досить великому діапазоні культур – від зернових до овочевих, фактично добір за нею є передумовою для включення відповідного матеріалу до програми з експериментального мутагенезу [2, 11, 16]. Але це не є визначальним для перспективності використання мутацій на базі цих генотипів, більш за це – спектр отриманих у майбутньому мутацій може компенсувати негативні моменти, пов'язані з низькою стійкістю до гамма-променів [19].

Щодо моніторингу особливостей формування окремих ознак в першому поколінні, то отримані дані фактично збігаються з попередніми дослідженнями (крім ролі ваги зерна з рослин, цей параметр є варіативним щодо вихідного матеріалу) [1, 12].

Висновки. Високий негативний вплив гамма-променів за всіма показаними показниками проявився у сорту Комерційна, крім помірних доз в окремих випадках, це показує особливості взаємозв'язку між взаємодією депресійною активністю гамма-опромінення та генотипами деяких сортів, що визначає ускладнені особливості виникнення депресивних наслідків на рівні рослин загалом. Моніторинговими параметрами за ступенем мутагенної депресії у першому поколінні рослин сортів, що отримали мутагенну дію, були: показники онтогенезу рослин (схожість, віддалена загибель), фертильність-стерильність пилку та окремі елементи структури врожайності (висота рослин, вага зерна з головного колосу, вага зерна з рослини, маса тисячі зерен). Генотиповою особливістю місцевих сортів (Комерційна та Співанка) виявилися досить чутливими до дії гамма-променів, що показано напівлетальністю вже початкових, досить посередніх за класифікацією ФАО-МАГАТЕ доз (100–150 Гр). Відповідно, це показник їх фундаментальної особливості при дії гамма-променями для отримання високого рівня мутаційної активності в майбутньому та позначає можливий високий рівень мутабельності за частотою та спектром наступних змін, тобто ці генотипи є доволі перспективними для експериментального мутагенезу за проявом депресії в першому поколінні. Подальші дослідження будуть проводитися вже за наявності у наступних поколіннях змін, що будуть визначатися переважно візуально та їх успадкуванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Amram A., Fadida-Myers A., Golan G., Nashef K., Ben-David R. & Peleg Z. (2015). Effect of GA-sensitivity on wheat early vigor and yield components under deep sowing, *Frontier Plant Science*, 6 (487). doi: 10.3389/fpls.2015.00487.
- Asif J. (2020). Effect of different pre-treatments on seed germination of *Prosopis juliflora* and *Dalbergia sissoo*: a step towards mutation breeding, *Journal of forest science*, 66, 80–88. doi: https://doi.org/10.17221/64/2019-JFS.
- Çelik Ö., Ekşioğlu A. & Akdaş E.Y. (2018). Transcript profiling of salt tolerant tobacco mutants generated via mutation breeding, *Gene Expression Patterns*, 29, 59–64. doi: 10.1016/j.gep.2018.05.001.
- Chen S., Gao R., Wang H., Wen M., Xiao J, Bian N., Zhang R., Hu W., Cheng S., Bie T. & Wang X. (2015). Characterization of a novel reduced height gene (*Rht23*) regulating panicle morphology and plant architecture in bread wheat, *Euphytica*, 203, 583–594. doi: 10.1007/s10681-014-1275-1.
- Essam F., Badrya M. & Aya M. (2019). Modeling and forecasting of wheat production in Egypt, *Advances and Applications in Statistics*, 59(1), 89–101. doi: http://dx.doi.org/10.17654/AS059010089.
- Fellahi Z., Hannachi A., Oulmi A. & Bouzerzour H. (2018). Analyse des aptitudes générale et spécifique à la combinaison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), *Revue Agriculture*, 9(1), 60–70.
- Gasperini D., Greenland A., Hedden P., Dreos R., Harwood W. & Griffiths S. (2012). Genetic and physiological analysis of *Rht8* in bread wheat: an alternative source of semi-dwarfism with a reduced sensitivity to brassinosteroids, *Journal of Experimental Botany*, 63, 4419–4436. doi: 10.1093/jxb/ers138.
- Hallajian M.T. (2016). Mutation Breeding and Drought Stress Tolerance in Plants, *Drought Stress Tolerance in Plants*, 2, 359–383. doi: 10.1007/978-3-319-32423-4_13.
- Hiroyasu Y. (2018). Mutation breeding of ornamental plants using ion beams, *Breeding Science*, 68(1), 71–78. doi: 10.1270/jsbbs.17086
- Hongjie Lia, Timothy D. M., Mc Intosh R.A. & Yang Z. (2019). Breeding new cultivars for sustainable wheat production, *The Crop Journal*, 7(6), 715–717. doi: https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.11.001.
- Kolakar S.S., Nadukeri S., Jakkeral S.A., Hanumanthappa M. & Gangaprasad S. (2018). Role of mutation breeding in improvement of medicinal and aromatic crops: Review, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, SP3, 425–429. doi: http://dx.doi.org/10.4171/2267-0412.100e108.
- Li H.J., Timothy D.M., Mc Intosh R.A. & Zhou Y. (2019). Wheat breeding in northern China: achievements and technical advances, *The Crop Journal*, 7(6), 718–729. doi: https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.09.003.
- Nazarenko M. (2015). Negativnyie posledstviya mutagenogo vozdeystviya [Peculiarities of negative consequences of mutagen action], *Ecological Genetics*, 13(4), 25–26. (in Russian). doi: https://doi.org/10.17816/ecogen13425-26
- Naveed A., Nazir A., Abdu, H., Raza S. & Muhammad A. (2015). Mutation breeding: a tool to improve wheat yield and yield components, *Life Science*, 9 (1), 3274–3279.
- Saif-u-Malook S.A., Qaisarani M.K., Shabaz H., Ahmed M., Nawaz M. & Qurban A. (2015). Mutation breeding approach to breed drought tolerant maize hybrids, *International Journal of Biosciences*, 6(2), 427–436. doi: 10.12692/ijb/6.2.427-436.
- Shah F., Adnan M. & Basir A. (2018). Global Wheat Production. Intechopen, London. doi: 10.5772/intechopen.72559
- Shu Q.Y., Forster B.P. & Nakagava H., (2013). Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna. doi: 10.1079/9781780640853.0000.
- Spencer-Lopes M.M., Forster B.P. & Jankuloski L. (2018). Manual on mutation breeding. Third edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Xicun D., Xia Y., & Wenjian L. (2016). Plant Mutation Breeding with Heavy Ion Irradiation at IMP, *Journal of Agricultural Science*, 8(5), 34–41. doi: 10.5539/jas.v8n5p34.

REFERENCES:

- Amram A., Fadida-Myers A., Golan G., Nashef K., Ben-David R. & Peleg Z. (2015). Effect of GA-sensitivity on wheat early vigor and yield components under deep sowing, *Frontier Plant Science*, 6 (487). doi: 10.3389/fpls.2015.00487.
- Asif J. (2020). Effect of different pre-treatments on seed germination of *Prosopis juliflora* and *Dalbergia sissoo*: a step towards mutation breeding, *Journal of forest science*, 66, 80–88. doi: <https://doi.org/10.17221/64/2019-JFS>.
- Çelik Ö., Ekşioğlu A. & Akdaş E.Y. (2018). Transcript profiling of salt tolerant tobacco mutants generated via mutation breeding, *Gene Expression Patterns*, 29, 59–64. doi: 10.1016/j.gep.2018.05.001.
- Chen S., Gao R., Wang H., Wen M., Xiao J, Bian N., Zhang R., Hu W., Cheng S., Bie T. & Wang X. (2015). Characterization of a novel reduced height gene (*Rht23*) regulating panicle morphology and plant architecture in bread wheat, *Euphytica*, 203, 583–594. doi: 10.1007/s10681-014-1275-1.
- Essam F., Badrya M. & Aya M. (2019). Modeling and forecasting of wheat production in Egypt, *Advances and Applications in Statistics*, 59(1), 89–101. doi: <http://dx.doi.org/10.17654/AS059010089>.
- Fellahi Z., Hannachi A., Oulmi A. & Bouzerzour H. (2018). Analyse des aptitudes générale et spécifique à la combinaison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), *Revue Agriculture*, 9(1), 60–70.
- Gasperini D., Greenland A., Hedden P., Dreos R., Harwood W. & Griffiths S. (2012). Genetic and physiological analysis of *Rht8* in bread wheat: an alternative source of semi-dwarfism with a reduced sensitivity to brassinosteroids, *Journal of Experimental Botany*, 63, 4419–4436. doi: 10.1093/jxb/ers138.
- Hallajian M.T. (2016). Mutation Breeding and Drought Stress Tolerance in Plants, *Drought Stress Tolerance in Plants*, 2, 359–383. doi: 10.1007/978-3-319-32423-4_13.
- Hiroyasu Y. (2018). Mutation breeding of ornamental plants using ion beams, *Breeding Science*, 68(1), 71–78. doi: 10.1270/jsbbs.17086
- Hongjie Lia, Timothy D. M., Mc Intosh R.A. & Yang Z. (2019). Breeding new cultivars for sustainable wheat production, *The Crop Journal*, 7(6), 715–717. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.11.001>.
- Kolakar S.S., Nadukeri S., Jakkeral S.A., Hanumanthappa M. & Gangaprasad S. (2018). Role of mutation breeding in improvement of medicinal and aromatic crops: Review, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, SP3, 425–429. doi: <http://dx.doi.org/10.4171/2267-0412.100e108>.
- Li H.J., Timothy D. M., Mc Intosh R.A. & Zhou Y. (2019). Wheat breeding in northern China: achievements and technical advances, *The Crop Journal*, 7(6), 718–729. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.09.003>.
- Nazarenko M. (2015). Negativnyie posledstviya mutagennogo vozdeystviya [Peculiarities of negative consequences of mutagen action], *Ecological Genetics*, 13(4), 25–26. (in Russian). doi: <https://doi.org/10.17816/ecogen13425-26>
- Naveed A., Nazir A., Abdu, H., Raza S. & Muhammad A. (2015). Mutation breeding: a tool to improve wheat yield and yield components, *Life Science*, 9 (1), 3274–3279.
- Saif-u-Malook S.A., Qaisarani M.K., Shabaz H., Ahmed M., Nawaz M. & Qurban A. (2015). Mutation breeding approach to breed drought tolerant maize hybrids, *International Journal of Biosciences*, 6(2), 427–436. doi: 10.12692/ijb/6.2.427-436.
- Shah F., Adnan M. & Basir A. (2018). Global Wheat Production. Intechopen, London. doi: 10.5772/intechopen.72559
- Shu Q.Y., Forster B.P. & Nakagawa H., (2013). Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna. doi: 10.1079/9781780640853.0000.
- Spencer-Lopes M.M., Forster B.P. & Jankuloski L. (2018). Manual on mutation breeding. Third edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Xicun D., Xia Y., & Wenjian L. (2016). Plant Mutation Breeding with Heavy Ion Irradiation at IMP, *Journal of Agricultural Science*, 8(5), 34–41. doi: 10.5539/jas.v8n5p34.

Іжболдін О.О. Депресивні наслідки дії гамма-променів у пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.)

Проблема мутагенної депресії з огляду на зниження обсягу матеріалу для подальшого генетичного поліпшення та звуження діапазону використаних доз є ключовою для експериментального мутагенезу. **Мета.** Метою проведених дослідів було показати наявність та специфічність депресії післядії широкого спектру доз гамма-променів у сортів пшениці озимої, адаптованих для Півночі Степу України, за показниками проходження онтогенезу, морфометрії, врожайності. **Методи:** У досліді використовувалося насіння сортів пшениці озимої локальної селекції Співанка та Комерційна, оброблені гамма-опроміненням у дозах 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Сухе насіння було контролем. Вивчено параметри схожості та виживання рослин, проходження головних фенофаз онтогенезу у рослин локальної селекції сортів озимої пшениці (Комерційна та Співанка) у першому поколінні. Виявлено дію мутагенної депресії через елементи структури продуктивності (морфометричні параметри) та досліджено рівень їхньої варіації. **Результати.** Встановлено, що вища депресія за всіма дослідженими ознаками проявилась у сорту Комерційна, крім помірних доз в окремих випадках, що показала особливість взаємодії депресійної активності, викликані гамма-опроміненням, з генотипами деяких сортів та ускладнений характер відтворення депресійних наслідків на організменному рівні. Самими інформативними параметрами щодо мутагенної депресії у першому поколінні сортів пшениці озимої м'якої для рослин були: схожість та виживання рослин, фертильність пилоквих зерен та такі параметри структури продуктивності, як висота стебла, вага зерна з головного колосу, вага зерна з рослини, маса тисячі зерен. Усі ці показники з високим рівнем значущості пов'язані з показником доза мутагену. **Висновки.** Сорти місцевої селекції (Комерційна та Співанка) на рівні генотипів показали чутливість до дії гамма-опромінення, що показана в напівлетальності навіть перших, помірних доз (100 Гр). Факторний аналіз виявив, що насамперед на формування параметрів структури врожайності вплинув фактор «доза мутагену», потім «генотип вихідного сорту», але останній фактор мав високу значущість для досліджуваних

сортів. Встановлено, що здатне проходити стрімке пониження деяких показників у першому поколінні при набутті певних граничних доз (200–250 Гр), до того ж такі дози залежать від генотипу суб'єкту мутагенної дії.

Ключові слова: пшениця озима, гамма-промені, мутагенна депресія.

Izholdin O.O. Gamma-rays depression consequences for winter wheat after gamma-rays action (*Triticum aestivum* L.)

The problem of mutagenic depression due to the reduction in the volume of material for further genetic improvement and narrowing the range of doses used is key to experimental mutagenesis. **Purpose.** The aim of the experiments was to show the presence and specificity of post-depression depression of a wide range of doses of gamma rays in winter wheat varieties adapted for the North of the Steppe of Ukraine in terms of ontogenesis, morphometry, yield. **Methods:** The experiments used seeds of winter wheat varieties of local breeding Spivanka and Commerciyna, irradiated with gamma rays in doses of 100, 150, 200, 250, 300 Gy. Control was dry seeds. The parameters of germination and survival, the passage of the main phases of ontogenesis in winter wheat plants of local varieties (Commerciyna and Spivanka) in the first generation were studied. The influence of mutagenic depression on indicators of yield structure (morphometry of mature plants) was established and the level of their variability was established.

Results. It was found that higher depression on all studied traits appeared in the commercial variety, except in moderate doses in some cases, which indicates the specificity of the interaction of depressive activity of gamma rays with genotypes of certain varieties and the complex nature of depressive effects at the body level. The most informative indicators of mutagenic depression at the first generation of winter bread wheat varieties were: germination and survival of pollen, pollen fertility and yield structure indicators such as plant height, grain weight from the main spike, grain weight from the plant, weight of thousands grains. All of these with high level of significance are correlated with the mutagen dose rate. **Findings.** Genotypes of varieties of local breeding (Commerciyna and Spivanka) were sensitive to the action of gamma-rays, which manifested itself in the semi-lethality of even the initial, moderate doses (100 Gy.). Analysis of variance showed that the formation of indicators of yield structure was influenced primarily by the factor mutagen dose, then genotype of the original variety, but the second factor was quite significant in the case of these varieties. It was found that there may be a rapid decrease in certain parameters in the first generation when reaching certain dose limits (200 -250 Gy), and these doses are determined by the genotype of the subject of mutagenic action.

Key words: winter wheat, gamma-rays, mutagen depression.