

Іжболдін О. О., Лихолат Т. Ю.

УДК 631.528.6, 575.224.46.

ЦИТОГЕНЕТИЧНА МІНЛИВІСТЬ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ЗА ДІЇ ГАММА-ПРОМЕНІВ**О. О. ІЖБОЛДІН**, старший викладач кафедри рослинництва,<https://orcid.org/0000-0002-8076-7206>*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

E-mail: izhboldin.o.o@gmail.com

Т. Ю. ЛИХОЛАТ, доцент кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології,<https://orcid.org/0000-0002-5076-0572>*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

E-mail: lyktata89@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.05.005>

Анотація. Метою наших досліджень було виявити особливості дії широкого спектру доз гамма-променів у сортів пшениці озимої на рівні хромосомного апарату клітини. У дослідях використовувалося насіння сортів пшениці озимої місцевої селекції Співанка та Комерційна, опромінені гамма-променями у дозах 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Контроль – сухе насіння.

На основі даних цитологічного аналізу досліджені частоти і спектри хромосомних аберацій після впливу гамма-променів. Враховувалася загальна кількість мітозів (у відповідній фазі), знайдене у препаратах (20 - 25 препаратів по кожному варіанту), кількість клітин із хромосомними порушеннями та відсоток таких клітин (від кількості мітотичних), частоти типів хромосомних аберацій (від загального числа клітин з перебудовами). Вибірка становила приблизно 500 - 1000 клітин за кожним дослідженим варіантом.

Сорту Співанка суттєво менш стабільний щодо сорту Комерційна на цитогенетичному рівні, але з відсутністю суттєвих відмінностей під час взаємодії в системі генотип-мутаген для гамма-променів. Кількість хромосомних перебудов лінійно зростає за дії гамма-променів до 200 Гр., де починається суттєве падіння зі стабілізацією на нижчому рівні при дозах 250 - 300 Гр. Виявлено, що доза мутагену є суттєво більш значимим чинником. Значимими параметрами мінливості є загальна частота хромосомних аберацій, частота мостів, частота комплексних перебудов. Співвідношення фрагментів до мостів стандартне для гамма-променів. Передбачено приблизно однаковий рівень мінливості в наступних покоління для обох сортів, але спрогнозовано більші відмінності в мінливості за застосування хімічних мутагенів та можливість відмінностей за спектром змін у наступних поколіннях уже для гамма-променів.

Ключові слова: озима пшениця, гамма-промені, хромосомні аберації

Актуальність. Крім вивчення активності певних чинників наслідків на рівні організму під час використовують зміни на рівні оцінювання ефективності мутагенної хромосомного апарату клітини.

Цитогенетичні дослідження є невід'ємною частиною дослідів у першому поколінні рослин, які отримали мутагенну дію [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наслідки хромосомних порушень настільки ж різноманітні, як різноманітні причини, які їх спричинюють. Це можуть бути як наслідки дії канцерогенних речовин, так і спонтанні порушення під час онтогенезу. У поєднанні з генними мутаціями (хоча тільки починаємо розуміти природу їх взаємозв'язку) вони є основними причинами всіх генетичних та еволюційних змін. У широкому сенсі, хромосомні порушення стали інструментом, можливо найбільш точним, для ідентифікації як окремих хромосом, так і генів, клітинного ядра, його складових [3].

Хромосомні аберації вже досить довго загально визнані як основний біомаркер прояви характеру впливу різних мутагенів (іонізуючого випромінювання та гентоксичних речовин) на живий організм на клітинному рівні. Численні структурні аберації особливо впливають на ріст і розвиток рослин. Рівень спонтанних хромосомних аберацій для будь-якого живої істоти досягає 0,6% в середньому. Хромосомний аналіз спонтанних аберацій показує, що майже в 50 відсотках випадків абортів зародків обумовлена саме ними. Багато спадкових хвороб

безпосередньо асоційовані з ланками хромосом, що характеризуються високою ймовірністю виникнення таких змін. Сучасні дослідження показують високий рівень зв'язку між частотою спонтанних хромосомних аберацій в популяції та рівнем мутабільності. Ці спостереження підкреслюють важливість розуміння механізмів, задіяних у виникненні хромосомних аберацій [4, 5].

Зміни структури і кількості хромосом можуть бути викликані як зовнішніми, так і внутрішніми чинниками. Хромосомні зміни, що ведуть до мутацій, були вперше описані на прикладі роду *Oenothera* Гуго де Фрізом [9]. Подальші дослідження деяких видів рослин показали, що ці зміни є складним комплексом транслокацій. Але ще раніше дослідження інших об'єктів довели, що інші типи змін (зокрема, парацентричні інверсії) досить часто більш ймовірні причини мутацій, ніж нечисленні транслокації [3]. Вже на ранніх етапах досліджень стало ясно, що хромосомні аберації грають істотну роль в еволюції живих організмів. Дослідження хромосом кукурудзи в пахітені дозволило встановити, що спонтанний характер мають такі типи перебудов як делеції, дуплікації, інверсії і транслокації (тобто спонтанні мутації можуть мати будь-який характер) [6-7].

Два явища безпосередньо пов'язані з індукцією хромосомних аберацій - так звана адаптивна

Іжболдін О. О., Лихолат Т. Ю.

відповідь і нестабільність геному. Адаптивна відповідь вперше була продемонстрована на прикладі мутацій у бактерій [8], пізніше те саме явище було ідентифіковано й в інших об'єктів [10]. Особливо воно характерне для радіаційного мутагенезу. Хоча є гіпотези про механізми цього явища, остаточного обґрунтування цього ефекту немає [1]. Щодо нестабільності геному, то спостерігається явище прямо пов'язане з характером генотипу конкретної особи, очевидно з наявністю мутабельних локусів. Механізм явища не зовсім зрозумілий, оскільки він не пояснюється жодним базовими принципами радіобіології, такими як залежність від дози, типу елементарних частинок або залежності частоти від дози [3].

Рослини як об'єкт такого типу досліджень, на відміну від інших модельних об'єктів, дають можливість досліджувати типи і частоти хромосомних перебудов безпосередньо при першому мітотичному поділі після опромінення. Вважається, що основними чинниками, що впливають на залежність реакції від дії мутагену, є різниця в генотипі вихідної форми, розміри хромосом, активність систем репарації і тривалість мітотичного циклу.

Мета. Виявити особливості дії широкого спектру доз гамма-

променів у сортів пшениці озимої на рівні хромосомного апарату клітини.

Методи. У дослідках використовувалося насіння сортів пшениці озимої місцевої селекції Співанка та Комерційна, опромінені гамма-променями у дозах 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Контроль - сухе насіння. Дози гамма-променів загальнозживані [10].

Опромінення сухого насіння здійснювали на гамма-установці центра з ядерних досліджень та тренувань відділу експериментального мутагенезу ФАО-МАГАТЕ (Австрія, Сейберсдорф), гамма-променями радіоактивного ізотопу Co_{60} , потужність установки 0,048 Гр/с. Насіння отримано на кафедрі селекції і насінництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Після обробки мутагенами насіння пророщували в чашках Петрі на зволоженому дистильованою водою фільтрувальному папері в термостаті за температури +25 °С [9].

Потім центральні корінці довжиною 0,8-1,0 см фіксували у фіксаторі Кларка, який складається з 3 частин 96 % спирту і 1 частини оцтової кислоти, упродовж 24 годин. Фіксований матеріал зберігали в 70 % спирті при температурі +2 °С у холодильнику. За кожним варіантом фіксувалося 25-30 корінців. Цитологічні аналізи виконували на тимчасових давлених препаратах,

пофарбованих ацетокарміном. Проводили мацерацію тканин 45 % розчином оцтової кислоти. Препарати готували згідно з методикою [5]. Решту корінців зберігали в 70 % спирті в холодильнику.

Хромосомні перебудови можна вивчати в анафазі або метафазі мітозу. Анафазний метод випереджає метафазний своєю простотою виконання та можливістю обробити більшу кількість матеріалу. При цьому отримуємо дані про інтенсивність мутаційного процесу й частково про характер виникаючих хромосомних мутацій. За допомогою цього методу фіксували поодинокі й парні фрагменти, хромосомні мости, мікроядра та відстаючі хромосоми [10].

Препарати, збільшені в 600 разів, розглядали у світловий мікроскоп Micromed XS-3330 з камерою 5М. Вибірка становила приблизно 500 - 1000 клітин за кожним дослідженим варіантом.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за методом t-критерію (достовірність різниці середніх оцінювали за критерієм Стюдента), факторного аналізу. Використовували стандартний пакет програми Statistic 6.0 [5].

Результати. На основі даних цитологічного аналізу досліджені частоти і спектри хромосомних аберацій після впливу гамма-променів. Враховувалася загальна кількість мітозів (у відповідній фазі), знайдене в препаратах (20 - 25 препаратів по кожному варіанту), кількість клітин із хромосомними порушеннями та відсоток таких клітин (від кількості мітотичних), частоти типів хромосомних аберацій (від загального числа клітин із перебудовами).

Параметри цитогенетичної активності у проростках зародкових корінців насіння у поколінні M₁ наведені в таблиці 1.

1. Частота хромосомних перебудов за дії гамма-променів

| Варіант | Мітозів | Всього аберацій | | Мітозів | Всього аберацій | |
|-----------------------|----------|-----------------|-----------|------------|-----------------|-----------|
| | | шт. | % | | шт. | % |
| | Співанка | | | Комерційна | | |
| Контроль | 1011 | 17 | 1,7±0,3 | 1022 | 8 | 0,8 ±0,5 |
| Гамма-промені, 100 Гр | 1028 | 69 | 6,7±1,1* | 1018 | 79 | 7,8 ±0,9* |
| Гамма-промені, 150 Гр | 1003 | 144 | 14,4±1,4* | 1043 | 126 | 12,1±1,1* |
| Гамма-промені, 200 Гр | 978 | 245 | 25,1±1,3* | 1001 | 233 | 23,3±0,8* |
| Гамма-промені, 250 Гр | 611 | 117 | 19,2±1,2* | 643 | 121 | 18,8±1,2* |
| Гамма-промені, 300 Гр | 501 | 98 | 19,6±1,4 | 562 | 108 | 19,2±0,9 |

* - різниця статистично достовірна при P_{0.05}

Як ми бачимо, навіть у контролі відбуваються хромосомні перебудови (на рівні 1 -2 відсотків, у сорту

Комерційна майже вдвічі нижче у контролі, різниця між сортами статистично достовірної, що свідчить

Іжболдін О. О., Лихолат Т. Ю.

про більшу генетичну стабільність другого сорту). Це є звичайним природним процесом, пов'язаним як зі життєдіяльністю клітини, так і дією чинників зовнішнього середовища, але її суттєвим впливом мутабільності відповідного генотипу.

Частота аберацій поступово лінійно зростала при дозах 100 - 150 Гр для обох сортів. Максимального значення частота хромосомних перебудов досягала при дозі 200 Гр (23 - 25%) з подальшим достовірним зниженням за дозі 250 Гр до стабільного рівня в 19 % за доз 250 - 300 Гр, відмінності між якими були несуттєві.

Генотипи істотно не розрізнялися за дії даного діапазону

доз (як у контролі), число хромосомних аберацій у сорту Комерційна було трохи вище за дози 100 Гр, ніж у сорту Співанка, однак нижче за доз 150 і 200 Гр. За більш високих доз відмінності були зовсім несуттєві.

Іншу картину ми знаходимо за розгляду спектру аберацій (таблиці 2 та 3 відповідно для Співанки та Комерційної). Так, виявлено такі типи одинарні і множинні фрагменти, хроматидні і хромосомні мости, мікроядра, що відстають хромосоми. Окремо виділені клітини зі множинними перебудовами, розраховане відношення фрагментів до мостів.

2. Спектр хромосомних аберацій у сорту Співанка

| Варіант | фрагменти (одинарні +подвійні) | | мости + (хромосомні + хроматидні) | | Фрагменти / мости | інші (мікроядра, відстаючі хромосоми) | | дві і більш | |
|---------------------------|--------------------------------------|------|--|------|----------------------|--|------|-------------|------|
| | шт. | % | шт. | % | | шт. | % | шт. | % |
| Контроль, вода | 6 | 35,3 | 7 | 41,2 | 0,9 | 2 | 11,8 | 2 | 11,8 |
| гамма-промені, 100 Гр. | 13 | 18,8 | 39 | 56,5 | 0,3 | 8 | 11,6 | 9 | 13,0 |
| гамма-промені, 150 Гр. | 30 | 20,8 | 78 | 54,2 | 0,4 | 14 | 9,7 | 22 | 15,3 |
| гамма-промені, 200 Гр. | 71 | 29,0 | 114 | 46,5 | 0,6 | 18 | 7,4 | 42 | 17,1 |
| гамма-промені, 250 Гр. | 25 | 21,4 | 41 | 35,0 | 0,6 | 19 | 16,2 | 32 | 27,4 |
| гамма-промені, 300 Гр. | 23 | 23,5 | 39 | 39,8 | 0,6 | 12 | 12,2 | 24 | 24,5 |

Можна зробити висновок, що для обох сортів характерна перевага

хромосомних перебудов по типу «міст» над фрагментами, що є більш

актуальними для дії хімічних речовин. Переважна кількість перебудов припадає саме на мости та фрагменти, кількість інших аберацій суттєво нижча, хоча теж лінійно зростає зі зростанням дози.

На відміну від інших типів перебудов, частка комплексних продовжує зростати при високих дозах (250 та 300 Гр.), що свідчить про більш комплексний характер їх дії.

3. Спектр хромосомних аберацій у сорту Комерційна

| Варіант | фрагменти (одинарні + подвійні) | | мости + (хромосомні + хроматидні) | | Фрагменти / мости | інші (мікроядра, відстаючі хромосоми) | | дві і більш | |
|------------------------|---------------------------------|------|-----------------------------------|------|-------------------|---------------------------------------|------|-------------|------|
| | шт. | % | шт. | % | | шт. | % | шт. | % |
| Контроль | 5 | 29,4 | 3 | 17,7 | 1,7 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| гамма-промені, 100 Гр. | 15 | 21,7 | 50 | 72,5 | 0,3 | 6 | 8,7 | 8 | 11,6 |
| гамма-промені, 150 Гр. | 43 | 29,9 | 57 | 39,6 | 0,8 | 9 | 6,3 | 17 | 11,8 |
| гамма-промені, 200 Гр. | 62 | 25,3 | 126 | 51,4 | 0,5 | 14 | 5,7 | 31 | 12,7 |
| гамма-промені, 250 Гр. | 38 | 32,5 | 46 | 39,3 | 0,8 | 12 | 10,3 | 25 | 21,4 |
| гамма-промені, 300 Гр. | 34 | 34,7 | 42 | 42,9 | 0,8 | 11 | 11,2 | 21 | 21,4 |

В обох сортів за дії всіх доз гамма-променів співвідношення фрагментів до мостів нижче одиниці (тобто на користь мостів), однак для сорту комерційна характерно менш значуще переважання мостів, особливо по досягненню доз у 250-300 Гр. Також для цього сорту характерна наявність меншого числа мікроядер і відстаючих хромосом, значимо меншої кількості клітин із комплексними (множинними) аберацією.

За результатами дискримінантного аналізу (таблиця 4) встановлено значимість окремих показників аналізу хромосомних перебудов – показники загальної частоти перебудов, наявності мостів і фрагментів завжди у моделі, для обох сортів в моделі також показник кількості клітин зі множинними абераціями (тобто вони теж відносяться в динаміці до тих, що лінійно зростають із підвищенням дози гамма-променів).

4. Результати дискримінантного аналізу за даними частоти та спектра хромосомних перебудов

| Змінні в моделі | Коефіцієнт Уїлкса λ | F-remove (4,11) | p-level |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|
| Загальна частота перебудов | 0,61 | 10,19 | 0,00 |
| Фрагменти (одинарні + подвійні) | 0,17 | 4,13 | 0,02 |
| Мости (хромосомні + хроматидні) | 0,46 | 9,01 | 0,01 |
| Мікроядра, відстаючі хромосоми | 0,10 | 1,72 | 0,29 |
| Комплексні перебудови | 0,20 | 4,82 | 0,03 |

За результатами двофакторного аналізу по схемі дисперсійного (табл. 4) доведено, що спостерігався вплив чинника «доза мутагену» на параметр загальною частоти хромосомних перебудов в обох сортів. Він був основним у диференціації за ступенем цього параметру. Чинник «генотип» суттєво не вплинув на частоту хромосомних аберацій (значення критерію Фішера значно менше за критичне).

Отже, за загальною частотою аберацій під час взаємодії за схемою

генотип вихідною форми – доза мутагену (гамма-променів) сортової реакції не виявлено (вона виявлена лише в контролі). Таким чином, ми можемо передбачати відносно однакову частоту мутацій у наступних поколіннях за цими об'єктами, але, можливі часткові відмінності у спектрі мутацій. Можливо, ефект взаємодії буде значними за дії генотоксичних хімічних речовин.

5. Результати дисперсійного аналізу за даними частоти хромосомних перебудов

| Джерело варіації | SS | df | MS | F | P | F _{критичне} |
|------------------|----------|----|----------|--------|-------|-----------------------|
| Доза мутагену | 56227,75 | 5 | 11245,55 | 154,58 | 0,01 | 5,050329 |
| Генотип | 18,75 | 1 | 18,75 | 0,2578 | 0,633 | 6,607891 |
| Похибка | 363,75 | 5 | 72,75 | | | |
| Всього | 56610,25 | 11 | | | | |

Факторний аналіз (таблиця 6) показав відсутність відмінностей у реакції генотипу, крім як за загальною частотою аберацій, проте значуще впливу показника «доза» (для

параметрів загальною частота аберацій – що вже показав дисперсійний аналіз, наявність мостів, комплексні перебудови).

6. Результати факторного аналізу (varimax raw)

| Параметр | Генотип сорту | Доза |
|---------------------------------|-----------------|------------------|
| Загальна частота перебудов | 0.898911 | -0.924453 |
| Фрагменти (одинарні +подвійні) | 0.237643 | 0.276589 |
| Мости (хромосомні + хроматидні) | 0.176456 | 0.875987 |
| Мікроядра, відстаючі хромосоми | 0.176586 | 0.167489 |
| Комплексні перебудови | 0.119872 | 0.783988 |
| Загальна дисперсія | 2.398789 | 2.897587 |
| Доля загальної дисперсії | 0.897087 | 1.398079 |

Отже, доведено на прикладі двох сортів, що частота хромосомних аберацій залежить від дози в діапазоні помірних доз, водночас відмінності по реакції генотипу несуттєві, гамма-промені як і в попередніх дослідженнях [5, 6] більш індукують мости, ніж фрагменти. Відмінності в генотипах проявляються по співвідношенню фрагментів і мостів, наявності клітин із комплексними аберацією при високих дозах.

Висновки і перспективи.

Можна зробити висновок, про суттєву меншу стабільність сорту Співанка щодо сорту Комерційна на цитогенетичному рівні, але з відсутністю суттєвих відмінностей за взаємодії в системі генотип-мутаген для гамма-променів. Кількість хромосомних перебудов лінійно зростає за дії гамма-променів до 200 Гр., де починається суттєве падіння зі стабілізацією на нижчому рівні при дозах 250 - 300 Гр. Виявлено, що доза гамма-променів є суттєво більш значимим (а переважно й єдиним

значимим) чинником для показників цитогенетичної мінливості для цього набору сортів. Значимими параметрами мінливості на рівні клітинного апарату є загальна частота хромосомних аберацій, частота мостів, частота комплексних перебудов. Співвідношення фрагментів до мостів відповідає стандартним закономірностям, що властиві для гамма-променів. Наведені дані свідчать про приблизно однаковий рівень мінливості в наступних покоління для обох сортів, але суттєво вищий рівень хромосомних перебудов у контролі дозволяє сподіватися на більші відмінності в мінливості за застосування хімічних мутагенів та можливість часткових відмінностей для обробленого матеріалу за спектром змін в наступних поколіннях уже для гамма-променів (за рахунок різниці в наявності та рівні мінливості для мутабільних локусів між двома генотипами).

Список використаних джерел

1. Khursheed, S., Laskar, R.A., Raina, A., Amin R. & Khan R.. (2015). Comparative analysis of cytological abnormalities induced in

Vicia faba L. genotypes using physical and chemical mutagenesis. *Chromosomal Science*, 18, 47-51.

Іжболдін О. О., Лихолат Т. Ю.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/scr/18/3-4/18_47/_article/-char/ja/

2. Nazarenko M. (2016) Characteristics of action of nitrosoalkylureas on cell level in winter wheat. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 24(2), 258–263. doi:10.15421/011632

3. Nazarenko M.M. & O. O. Izhboldin (2017) Chromosomal rearrangements caused by gamma-irradiation in winter wheat cells. *Biosystems Diversity*. 25(1). 25–28. doi: 10.15421/011704

4. Nurmansyah, S., Alghamdi, S., Hussein, M., & Farooq, M. (2018). Morphological and chromosomal abnormalities in gamma radiation-induced mutagenized faba bean genotypes. *International Journal Radiation Biology*, 94(2). 174-185. doi: <https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1409913>

5. Nwakanma, N.M.C. & B.E. Okoli. (2010). Cytological effects of the root extracts of *Boerhaavia diffusa* on root tips of *Crinum jagus*. *Eurasia Journal Bioscience*, 4: 105-111. doi: 10.5053/ejobios.2010.4.0.13

6. Oney-Birol, S. & Balkan, A. (2019). Detection of Cytogenetic and Genotoxic Effects Of Gamma Radiation on M1 Generation of Three Varieties of *Triticum aestivum* L., *Pakistan Journal of Botany*, 51(3), 887–894. doi: 10.30848/PJB2019-3(48)

7. Shu, Q.Y., Forster, B.P. & Nakagava, H., (2013). Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna. doi: 10.1079/9781780640853.0000.

8. 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.

9. Reisz, J.A., N. Bansal, J. Qian, W. Zhao & C.M. Furdui. (2014). Effects of ionizing radiation on biological molecules—mechanisms of damage and emerging methods of detection. *Antioxid Redox Signal*, 11, 260-292. doi: 10.1089/ars.2013.5489

10. Verma, R.C. & M.A. Khah. (2016). Assessment of gamma rays induced cytotoxicity in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cytologia*, 81(1), 41-45. doi: 10.1508/cytologia.81.41

References

1. Khursheed, S., Laskar, R.A., Raina, A., Amin R. & Khan R.. (2015). Comparative analysis of cytological abnormalities induced in *Vicia faba* L. genotypes using physical and chemical mutagenesis. *Chromosomal Science*, 18, 47-51.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/scr/18/3-4/18_47/_article/-char/ja/

2. Nazarenko M. (2016) Characteristics of action of nitrosoalkylureas on cell level in winter wheat. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 24(2), 258–263. doi:10.15421/011632

3. Nazarenko M.M. & O. O. Izhboldin (2017) Chromosomal rearrangements caused by gamma-irradiation in winter wheat cells. *Biosystems Diversity*. 25(1). 25–28. doi: 10.15421/011704

4. Nurmansyah, S., Alghamdi, S., Hussein, M., & Farooq, M. (2018). Morphological and chromosomal abnormalities in gamma radiation-induced mutagenized faba bean genotypes. *International Journal Radiation Biology*, 94(2). 174-185. doi: <https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1409913>

5. Nwakanma, N.M.C. & B.E. Okoli. (2010). Cytological effects of the root extracts of *Boerhaavia diffusa* on root tips of *Crinum jagus*. *Eurasia Journal Bioscience*, 4: 105-111. doi: 10.5053/ejobios.2010.4.0.13

6. Oney-Birol, S. & Balkan, A. (2019). Detection of Cytogenetic and Genotoxic Effects Of Gamma Radiation on M1 Generation of Three Varieties of *Triticum aestivum* L., *Pakistan Journal of Botany*, 51(3), 887–894. doi: 10.30848/PJB2019-3(48)

7. Shu, Q.Y., Forster, B.P. & Nakagava, H., (2013). Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna. doi: 10.1079/9781780640853.0000.

8. 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.

9. Reisz, J.A., N. Bansal, J. Qian, W. Zhao & C.M. Furdui. (2014). Effects of ionizing radiation on biological molecules—mechanisms of damage and emerging methods of detection. *Antioxid Redox Signal*, 11, 260-292. doi: 10.1089/ars.2013.5489

10. Verma, R.C. & M.A. Khah. (2016). Assessment of gamma rays induced cytotoxicity in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cytologia*, 81(1), 41-45. doi: 10.1508/cytologia.81.41

CYTOGENETIC VARIABILITY OF WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) UNDER GAMMA-RAYS ACTION

O. O. Izhboldin, T. Yu. Lykholat

Abstract. *The aim of our research was to identify the specificity of the action of a wide range of doses of gamma rays in winter wheat varieties at the level of the cell chromosomal apparatus. The experiments used seeds of winter wheat varieties of local selection Spivanka and Commerciyna, irradiated with gamma rays in doses of 100, 150, 200, 250, 300 Gy. Control was dry seeds.*

Based on the data of cytological analysis, the frequencies and spectra of chromosomal aberrations after exposure to gamma rays were studied. The total number of mitoses (in the corresponding phase) found in the preparations (20 - 25 preparations for each variant), the number of cells with chromosomal abnormalities and the percentage of such cells (from the number of mitotic), the frequency of chromosomal aberrations (from the total number of cells with rearrangements). The sample was approximately 500 - 1000 cells for each study variant.

The variety Spivanka is significantly less stable with respect to the variety Commerciyna at the cytogenetic level, but with no significant differences in the interaction in the genotype-mutagen system for gamma rays. The number of chromosomal rearrangements increases linearly under the action of gamma rays up to 200 Gy, where a significant drop begins with stabilization at a lower level at doses of 250 - 300 Gy. The dose of mutagen was found as more significant factor. Significant parameters of variability were the total frequency of chromosomal aberrations, the frequency of bridges and the frequency of complex rearrangements. The ratio of fragments to bridges is standard for gamma rays. Approximately the same level of variability in subsequent generations will be assumed for both varieties, but greater differences in variability in case of the use of chemical mutagens and the possibility of differences in the spectrum of changes in subsequent generations for gamma rays was predicted.

Key words: *winter wheat, gamma rays, depression, chromosomal aberrations*

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ У ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ПРИ ДЕЙСТВИИ ГАММА-ЛУЧЕЙ

О. О. Ижболдин, Т. Ю. Лихолат

Аннотация. *Целью наших исследований было выявить особенности действия широкого спектра доз гамма-лучей у сортов пшеницы озимой на уровне хромосомного аппарата клетки. В опытах использовались семена сортов пшеницы озимой местной селекции Спиванка и Комерцийна, облученные гамма-лучами в дозе 100, 150, 200, 250, 300 гр. Контроль - сухие семена. На основе данных цитологического анализа исследованы частоты и спектры*

Іжболдін О. О., Лихолат Т. Ю.

хромосомных aberrаций после воздействия гамма-лучей. Учитывалась общее количество митозов (в соответствующей фазе), найденное в препаратах (20 - 25 препаратов по каждому варианту), количество клеток с хромосомными нарушениями и процент таких клеток (от количества митотических), частоты типов хромосомных aberrаций (от общего числа клеток с перестройками). Выборка составила примерно 500 - 1000 клеток с каждым исследованным вариантом. Сорта Спиванка существенно менее стабильный относительно сорта Комерційна на цитогенетическом уровне, но с отсутствием существенных различий при взаимодействии в системе генотип-мутаген для гамма-лучей. Количество хромосомных перестроек линейно возрастает при воздействии гамма-лучей до 200 гр., где начинается существенное падение со стабилизацией на более низком уровне при дозах 250 - 300 гр. Выявлено, что доза мутагена существенно более значимый фактор. Значимыми параметрами изменчивости были общая частота хромосомных aberrаций, частота мостов, частота комплексных перестроек. Соотношение фрагментов к мостам стандартное для гамма-лучей. Предвиден примерно одинаковый уровень изменчивости в следующих поколения для обоих сортов, но спрогнозированы большие различия в изменчивости при применении химических мутагенов и возможность различий по спектру изменений в последующих поколениях уже для гамма-лучей.

Ключевые слова: *пшеница озимая, гамма-лучи, хромосомные aberrации*