

8. Лапа, В.В. Продуктивность зернового севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при различной системе применения удобрений / В.В. Лапа // Агрохимия. – 2003. – № 1. – С. 20–29.
9. Fisher R.A. Statistical methods for research workers / R.A. Fisher. – New Delhi: Cosmo Publikations, 2006. – 354 p.

УДК 631.528:575.22: 633.11

СПЕКТР ТА ЧАСТОТА МУТАЦІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ, ВИКЛИКАНИХ ГАММА-ПРОМЕНЯМИ

*Назаренко М.М. – к.б.н.,
Ізжболдін О.О. – старший викладач,
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет*

Сорти пшениці м'якої озимої були опромінені гама-променями у дозах 100–250 Гр. Досліджено спектр та частоту мутацій. Виділено мутантні лінії зі зміненими ознаками, перевірено їх успадкування. Всього ідентифіковано 36 ознак, по котрим проходили мутації. Створено чотири нові мутантні лінії з високою зерною продуктивністю. Для мутаційної селекції рекомендовано вживати дозу 100 Гр. для отримання господарсько-цінних та 200 Гр. для отримання генетично-цінних мутацій.

Ключові слова: пшениця озима, гама-промені, мутаційна селекція.

Назаренко Н.Н., Изжболдин А.А. Спектр и частота мутаций пшеницы озимой, вызванных гамма-лучами

Сорта пшеницы мягкой озимой были облучены гамма-лучами в дозах 100–250 Гр. Исследован спектр и частота мутаций. Выделены мутантные линии с изменёнными признаками, проверено их наследование. Всего идентифицировано 36 признаков, по которым происходили мутации. Создано четыре новые мутантные линии с высокой зерновой продуктивностью. Для мутационной селекции рекомендовано использовать дозу 100 Гр. для получения хозяйственно-ценных и 200 Гр. для получения генетически-ценных мутаций.

Ключевые слова: пшеница озимая, гамма-лучи, мутационная селекция.

Nazarenko M., Izholdin O. Spectrum and rate of winter wheat mutations caused by gamma-rays

Winter wheat varieties were exposed to gamma-rays at 100–250 Gy doses. The spectrum and rate of mutation were investigated. We developed mutant lines with changed traits, and investigated their heredity. All in all, 36 mutation traits were identified. Four new lines with high grain productivity have been obtained. For mutation breeding, we recommend a 100 Gy dose for obtaining economically valuable mutations and a 200 Gy dose for getting genetically valuable mutations.

Keywords: winter wheat, gamma-rays, mutation breeding.

Постановка проблеми. Однією з актуальних задач в мутаційній селекції пшениці є розробка методів та пошук нових методичних засобів, що підвищують вихід практично-цінних мутацій. Дослідження ролі макро- та мікромутацій в зв'язку з вдосконаленням методів мутаційної селекції та розробкою ефективних прийомів генетичного поліпшення рослин, дослідження специфічності дії мутагенів при індукції макро- та мікрмутантів на різних генотипах можуть сприяти прогресу у вирішенні питання спрямованого керування мутаційним процесом.

Нагальною є проблема визначення пріоритетів використання мікро- та макро- мутацій в практичній селекції, визначення оптимальних в індукції макро- та мікро- мутацій доз мутагенів, ідентифікація цих доз мутагенів за показниками росту та розвитку рослин M_1 , цитологічного аналізу, чому недостатньо приділялося уваги в попередніх дослідженнях.

Приклади досліджень з індукції та використання мікро- та макро- мутацій на пшениці нечисленні, зазвичай пов'язані з поліпшенням лише окремих параметрів, досить застаріли методично [2, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На протязі останніх семидесяти років за допомогою експериментального мутагенезу було створено 2800 сортів культурних рослин, як прямим добром мутантних рослин, так і використанням їх у селекційних схрещуваннях. 60 % з них створені після 1985 року. Найбільша кількість мутантних сортів створена в Китаї (26,8 %), Індії (11,5 %), колишньому СРСР та Росії (9,3 %), Нідерландах, США, Японії. 1585 (70 %) сортів створені прямим добром мутантних форм. 667 сортів – з залученням мутантів до гібридизації. Найбільш частим є використання радіації (89% створених сортів). Гамма-проміння застосовувалось як мутаген при створенні 64 % сортів. 22 % – за допомогою мутагенної дії рентгенівського проміння. Мутантних сортів пшениці близько 260 [1, 9].

В Україні районовані 29 сортів м'якої і твердої пшениці, створених за участю спонтанних та індукованих мутацій, що становить 64,4 % загальної кількості районованих сортів; в їх числі сорти, що отримані лише за допомогою індукованих мутацій, складають 20,0 % [4].

Проблематика використання макро- та мікро- мутацій в практичній селекції має декілька методологічних аспектів. По-перше, це величини дози мутагену. В світі існує два напрямки – вітчизняна школа [4, 7], що надає перевагу низьким дозам, за яких індукуються переважно мікро- мутації, та закордонна, пріоритети якої в використанні високих напів- та сублетальних доз, що індукують переважно макро- мутації [10]. За статистикою районованих сортів високі дози фізичних мутагенів дійсно ефективні в індукції селекційно-цінних форм, особливо низькорослих. Ряд закордонних дослідників наполягають на застосуванні високих доз гамма-променів і, разом з тим, стверджують виняткову перспективність мікро- мутацій в практичній селекції [6].

По-друге, методична проблематика добору. В проведених дослідженнях по ретельному вивченню сімей в M_2 (за показниками структури врожайності, молекулярним маркерам, тощо), ми знаходимо, що, хоча такий підхід дозволяє виділити деякі оригінальні мікро- мутації і знайти більше можливих продуктивних форм, але такі дослідження не дають більшої кількості районованих сортів. Це виправдано лише при винятковому значенні об'єкта мутагенної дії [8].

По третє, це питання щодо ефективності та пріоритетності використання мікро- та макро- мутацій в генетичному поліпшенні сільськогосподарських культур. Існує низка досліджень, що доводять ефективність використання як макро- так і мікро- мутацій. Макро- мутації проявили себе, перш за все, при створенні низькорослих високопродуктивних форм, мікро- мутації – у створенні форм з корисними змінами у вмісті і якості важливих біохімічних речовин та продуктивних, посухостійких, резистентних до хвороб форм [5].

Постановка завдання. Метою нашого дослідження було встановити частоти виникнення окремих типів мутацій (перш за все – продуктивних мутантних форм) при дії окремих доз та концентрацій для використання в мутаційній селекції пшениці м'якої озимої, виділити дози оптимальні для індукції цих типів мутацій, встановити залежності між виникненням мутацій та генотипом вихідного селекційного матеріалу.

Матеріал і методика досліджень. В якості матеріалу для дослідження були використані наступні сорти – Фаворитка, Ласуня, Хуртовина – створені за допомогою дії гамма-променів, лінія 418, Колос Миронівщини – методом гібридизації, Сонечко (НДМС 0,005 %) і Калинова (ДАБ 0,1 %) – дією хімічних мутагенів, Волошкава – термомутагенез. Дози гама-променів – загальнозживані для відповідних досліджень з мутаційної селекції – 100, 150, 200 та 250 Гр.

Досліди проводились протягом 2011–2015 рр. в умовах ННЦ ДДАЕУ та МПП ім. В.М. Ремесло НААН України. У 2011–2012 роках в другому-третьому поколінні проводили визначення мутацій візуально та за врожайністю в ручних посівах по сім'ях (13 рядкові ділянки, міжряддя 0,15 м, довжина рядка 1,5 м), у 2013–2015 роках проводили дослідження успадкування, облік продуктивності, структурний аналіз дібраних мутантних ліній (площа ділянки 5–10 м², повторність 1–3-х кратна).

Рівень мінливості вираховувався за формулою:

$$P_v = \alpha * \gamma,$$

де P_v – рівень мінливості варіанту;

α – відношення кількості мутацій до загальної кількості сімей в варіанті;

γ – кількість типів змінених ознак в варіанті.

Математичну обробку одержаних результатів проводили за методикою дисперсійного аналізу, достовірність різниці між середніми дослідних варіантів і контролем оцінювали за критерієм Стьюдента [3].

Виклад основного матеріалу дослідження. Всього було досліджено 18100 сімей в M_2 – M_5 . Кількість по варіантах складала від 500 до 100 сімей та залежала від кількості матеріалу отриманого в першому поколінні. Переважна більшість варіантів мала 500 сімей. Найменше матеріалу було отримано при дії гамма променів у найвищих дозах. Найбільш чутливим виявився сорт Сонечко до дії гама-променів.

Як ми бачимо з таблиці 1 частота мутацій варіювала, досягала 30 % (Колос Миронівщини, 250 Гр.). Разом з тим, найбільш високу мінливість (кількість типів мутацій по відношенню до загальної частоти) показала доза 200 Гр. Щодо частоти корисних форм (продуктивних ліній), то вони були отримані при дії лише дози 100 Гр. Доза 200 Гр. оптимальна для отримання генетично-цінних ліній для подальшого формування колекцій.

Більшість сортів демонструє зниження частоти мутацій при максимальній дозі 250 Гр. та більш високу частоту при дозі 200 Гр. Також, ми спостерігали, що ця доза суттєво зменшує кількість типів мутацій. Сорти Фаворитка, Ласуня, Хуртовина (отримані за допомогою гамма-опромінення) демонструють суттєво нижчу частоту мутацій та їх різноманіття.

Таблиця 1 – Частота мутацій у пшениці озимої

Варіант	Кількість мутацій	Частота, %	Рівень мінливості
Колос Миронівщини, вода	2	0,4	0,01
Колос Миронівщини, 100 Гр	46	9,2*	1,10
Колос Миронівщини, 150 Гр	67	13,4*	3,22
Колос Миронівщини, 200 Гр	83	16,6*	4,48
Колос Миронівщини, 250 Гр	90	30,0*	7,50
Калинова, вода	6	1,2	0,05
Калинова, 100 Гр	39	7,8*	1,01
Калинова, 150 Гр	84	16,8*	3,53
Калинова, 200 Гр	83	23,7*	5,93
Калинова, 250 Гр	50	14,3*	2,43
Волошкова, вода	9	1,8	0,07
Волошкова, 100 Гр	32	6,4*	0,90
Волошкова, 150 Гр	51	10,2*	2,14
Волошкова, 200 Гр	79	15,8*	3,63
Волошкова, 250 Гр	104	20,8*	4,99
Сонечко, вода	4	0,8	0,02
Сонечко, 100 Гр	59	11,8*	1,89
Сонечко, 150 Гр	90	22,5*	4,28
Сонечко, 200 Гр	84	33,6*	6,38
Сонечко, 250 Гр	23	23,0*	3,68
Фаворитка, вода	3	0,6	0,01
Фаворитка, 100 Гр	28	5,6*	0,50
Фаворитка, 150 Гр	38	7,6*	1,06
Фаворитка, 200 Гр	43	9,6*	1,82
Фаворитка, 250 Гр	45	11,3*	2,03
Хуртовина, вода	4	0,8*	0,02
Хуртовина, 100 Гр	34	6,8*	1,09
Хуртовина, 150 Гр	40	8,0*	1,44
Хуртовина, 200 Гр	51	10,2*	2,14
Хуртовина, 250 Гр	50	12,5*	2,38
Ласуня, вода	7	1,4	0,07
Ласуня, 100 Гр	26	5,2*	0,57
Ласуня, 150 Гр	27	5,4*	0,86
Ласуня, 200 Гр	43	9,6*	1,73
Ласуня, 250 Гр	40	11,4*	1,94
Лінія 418, вода	4	0,8	0,02
Лінія 418, 100 Гр	57	11,4*	2,05
Лінія 418, 150 Гр	78	15,6*	3,28
Лінія 418, 200 Гр	102	25,5*	4,59
Лінія 418, 250 Гр	84	21,0*	4,20

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

Mutations rate and variability increases linearly at doses of 100, 150 and 200 Gr., at a dose of 250 Gr. in most cases, on the contrary, there is a decrease to the level of 150 Gr. dose or lower. However, we can not say that the use of this dose does not make sense. For two varieties mutations rate was highest at this dose.

Було ідентифіковано загалом 36 типів змінених ознак, що були класифіковані за наступними групами: мутації по структурі стебла та листя (усі типи мутацій за висотою стебла, товщиною та наявністю воскової поволоки), мутації кольо-

ру та структурі зерна (крупне та дрібне зерно), мутації кольору та структури колосу (майже виключно за структурою колоса – довжина та щільність колосу, наявність остей, форма колосу), змінені фізіологічні ознаки росту та розвитку (строки стиглості, стерильність, стійкість до різних патогенів), системні мутації (спельтоїди, скверхеда, сферококкоїди та інші різновиди, що виходять за межі мінливості ботанічного виду), мутації по продуктивності та якості зерна (продуктивні та кущисті сім'ї).

Мутанти з високою зерною продуктивністю індукувались переважно після дози 100 Гр. Частота варіювала від 0 до 0,4 відсотка (друге – як виключення для сорту Хуртовина). Але, майже всі такі мутанти мали негативні риси, такі як високостебловість, пізньостиглість, погана стійкість до фітопатогенів.

Кращі лінії, відібрані в результаті трьохрічного випробування представлені в таблицях 2–4.

Таблиця 2 – Зернова продуктивність мутантних ліній пшениці м'якої озимої (2013–2015 рр.)

Лінія	2013	2014	2015	Середня врожайність	+/- до стандарту
	т/га				
Подольанка	5,772	10,878	9,761	8,804	--
130	8,436	11,766	11,39	10,531*	1,727
133	5,195	11,033	10,71	8,979*	0,176
157	6,078	17,316	10,27	11,221*	2,418
157-1	6,078	11,5	11,12	9,566*	0,762
НСР _{0,05}	0,14				

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

Таблиця 3 – Основні компоненти структури врожайності мутантних ліній пшениці озимої

Лінія	Висота	Продуктивна кущистість	Кількість зерен з головного колосу	Вага зерна з колосу	Вага зерна з рослини	МТЗ
	см.	шт.	гр.			
Подольанка	106,2±4,3*	4,0±0,1	29,6±4,2	1,3±0,4	4,4±0,4	44,6±1,3
130	101,8±4,3*	4,8±0,4*	47,4±6,8*	2,3±0,1*	5,9±0,4*	47,8±0,9*
133	99,0±2,7*	4,0±0,7	31,8±2,4	1,3±0,2	4,2±0,2	46,2±1,0*
157	103,4±3,0	4,9±0,4*	46,4±2,1*	2,3±0,1*	5,8±0,2*	51,7±1,6*
157-1	111,0±3,7*	4,6±0,7*	34,4±8,3*	1,2±0,3	5,2±0,4*	47,8±1,0*

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

Таблиця 4 – Походження та опис продуктивних мутантних ліній пшениці м'якої озимої

Лінія	Вихідний сорт	Мутаген	Воскова поволока	Ості	Висота	Додаткові позитивні властивості
Подольанка	-	-	+	безоста	середньоросла	
130	Калинова	100 Гр	+	остиста	високоросла	
133	Сонечко	100 Гр	+	безоста	низькооросла	ранньостигла
157	Сонечко	100 Гр	+	остиста	низькооросла	
157-1	Сонечко	100 Гр	+	безоста	низькооросла	

Всього було виділено випробуванням в M_3 – M_5 чотири продуктивних лінії (в порівнянні з національним стандартом сортом Подолянка). Три у сорту Сонечко, одна у сорту Калинова (усі отримані при використанні дози 100 Гр.). Одна з них, лінія 133, до того ж більш ранньостигла. Усі лінії мають більш високу МТЗ та більш високу вагу зерна з рослини або колосу. Три лінії з чотирьох віднесено до низькорослих.

В спектрі генетично-цінних мутацій (які можуть бути використанні як джерела цінних ознак при схрещуваннях) виявлені наступні типи цінних мутантів – короткостеблові, напівкарликові, карликові форми, рослини з крупним зерном, ранньостиглі, продуктивні мутанти. Взагалі, частота таких мутацій дуже невисока (0,2–0,6 відсотків) та більшість з них має додаткові негативні якості. В цілому, отримана наступна кількість генетично-цінних форм (включені до робочої колекції): короткостеблових форм – 35 (особливо багато таких форм отримано з сорту Волошка), напівкарликових форм – 11, з крупним колосом – 41, з крупним зерном – 14, ранньостиглих – 40.

Висновки. Таким чином, найбільш оптимальною для індукції селекційно-цінних мутацій є доза 100 Гр., для генетично-цінних – 200 Гр. В цілому сорти Фаворитка, Ласуня, Хуртовина, отримані при дії гамма-променів показали саму низьку мутабільність під дією того ж чинника. До того ж використання їх в якості вихідного матеріалу не дало жодної продуктивної лінії. Таким чином, повторна дія гамма-променями на матеріал, що був створений при дії гамма-променів не доцільна та призводить до зниження частоти мутацій та збіднення спектра.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. База даних FAO/IAEA по сортам культурных растений полученных с помощью мутагенеза. – FAO, 2014. WEB: <http://www-mvd.iaea.org/MVD/default.htm> 3.
2. Кужир Т.Д. Антимутагены и химический мутагенез в системах высших эукариот / Т.Д. Кужир. – Минск, 1999. – 267 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия : Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
4. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутаційна селекція озимої пшениці / В.В. Моргун, В.Ф. Логвиненко // Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. – К: Логос, 2001. – Т.2. – С. 175–186.
5. Badiganavar A.M., Murty M.S. Genetic enhancement of groundnut through gamma rays mutagenesis / A.M. Badiganavar, M.S. Murty // PMR. – 2007. — Vol.2, №1. – P. 16–21.
6. Boyd L.A., Smith P.H., Hart N. Mutants in wheat showing multipathogen resistance to biotrophic fungal pathogens / L.A. Boyd, P.H. Smith, N. Hart // Plant Pathology. – 2006. – Vol.55. – P. 475–484.
7. Nazarenko, M., 2015. Negativnyie posledstviya mutagenного vozdeystviya, Ecological Genetics, 4, 25–26.
8. Nazarenko M. Identification and characterization of mutants induced by gamma radiation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / M. Nazarenko // Scientific Papers. Series A. Agronomy. – 2016. – Vol. LIX. – P. 350–353.
9. Shu, Q.Y., Forster B.P., Nakagava H., 2011 Plant Mutation breeding and Biotechnology, Vienna, CABI publishing.

10. Yilmaz A. The Effects of Cobalt-60 Applications on Yield and Yield Components of Cotton (*Gossipium barbadense* L.). A. Yilmaz, B. Erkan : Pakistan J. of Biol. Sci. – 2006. – № 15. – P. 2761–2769.

УДК 60:57.085.2:582.717.4

ДІЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА РЕГЕНЕРАЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ ТКАНИН РОСЛИН *HYDRANGEA MACROPHYLLA* L. В УМОВАХ *IN VITRO*

Нестерова Н.Г. – к.с.-г.н., асистент, НУБІП України
Чорнобров О.Ю. – к.с.-г.н., науковий співробітник,
ВП НУБІП України «Боярська лісова дослідна станція»

У статті досліджено дію регуляторів росту цитокінінового та ауксинового типів дії на регенераційну здатність тканин рослин *Hydrangea macrophylla* L. в умовах *in vitro*. Підбрано компоненти живильного середовища на етапах власне мікроклонального розмноження та укорінення мікропагонів *in vitro*. Розроблено біотехнологію мікроклонального розмноження рослин *H. macrophylla*, використання якої дозволяє отримувати значну кількість рослин-регенерантів у стислі терміни.

Ключові слова: *Hydrangea macrophylla* L., культура *in vitro*, експлантати, регенераційна здатність, регулятори росту, живильне середовище, мікроклональне розмноження.

Нестерова Н.Г., Чорнобров О.Ю. Действие регуляторов роста на регенерационную способность тканей растений *Hydrangea macrophylla* L. в условиях *in vitro*

В статье исследовано действие регуляторов роста цитокининового и ауксинового типов воздействия на регенерационную способность тканей растений *Hydrangea macrophylla* L. в условиях *in vitro*. Подобрано компоненты питательной среды на этапах собственно микроклонального размножения и укоренения микропобегов *in vitro*. Разработана биотехнология микроклонального размножения растений *H. macrophylla*, использование которой позволяет получать значительное количество растений-регенерантов в сжатые сроки.

Ключевые слова: *Hydrangea macrophylla* L., культура *in vitro*, эксплантаты, регенерационная способность, регуляторы роста, питательная среда, микроклональное размножение.

Nesterova N.G., Chornobrov O.Yu. Growth regulator effect on the regenerative ability of plant tissues of *Hydrangea macrophylla* L. in *in vitro* conditions

The article explores the effect of growth regulators of cytokinin and auxin types of action on the regenerative ability of plant tissues of *Hydrangea macrophylla* L. in *in vitro* conditions. It specifies the components of the nutrient medium at the stages of actual microclonal propagation and rooting of microshoots *in vitro*. The study develops the biotechnology of microclonal propagation of plants *H. macrophylla*, using of which allows obtaining a significant number of plant regenerants within a limited period.

Keywords: *Hydrangea macrophylla* L., *in vitro* culture, explants, regenerative capacity, growth regulators, nutrient medium, microclonal propagation.

Постановка проблеми. Гортензія великолиста (*Hydrangea macrophylla* L.) – цінний представник родини Гортензіїві (*Hydrangeaceae* Dumort.), розміри суцвіть якого суттєво перевершують дикорослі рослини. У якості декоративної рос-