Науковий вісник Ужгородського університету
Серія Біологія, Випуск 19 (2006): 112–116
© Воропай О. В., 2006

УДК 633.11: 575.24

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ПОКОЛІННІ M_1 ВІД ВПЛИВУ МУТАГЕННИХ ЧИННИКІВ

О. В. Воропай

Залежність показників росту і розвитку рослин озимої пшениці в поколінні M_1 від впливу мутагенних чинників. — О. В. Воропай. — *Вивчено залежність показників росту і розвитку рослин озимої пшениці в поколінні M_1 від впливу мутагенних чинників. Показано, що з підвищенням дози мутагенних чинників спостерігається зниження схожості рослин, виживання рослин, структурних елементів врожайності. Різні дози та концентрації мутагенів по різному впливають на сорти озимої пшениці. Так, наприклад, доза опромінення гамма–променями 250 Гр для сорту Донецька 6 виявилася летальною, а сорт Куяльник виявився більш стійким до опромінення при такій дозі. Отже, ріст і розвиток рослин озимої пшениці в поколінні M_1 після дії мутагенними чинниками залежить від дози, концентрації мутагену та генотипу сорту.*

Ключові слова: *пшениця, мутагени, гамма–промені, генотип, мутації, доза, схожість, виживання.*

Адреса: *Інститут фізіології рослин і генетики НАН України. 03022, м. Київ, вул. Васильківська 31/17.*

Growth and development characteristics relationship of winter wheat plants in M1 generation influenced by mutagenic agents. — O. V. Voropaj. — *Growth and development characteristics relationship of winter wheat plants in M1 generation under the influence of mutagenic agents was studied. It was shown that increase of the mutagenic agent's dose results in lowering of plant seed's germination, plants endurance and yield structure elements. Different doses and concentrations of the mutagenic agents in different ways influence on winter wheat. For instance, gamma–ray exposure with 250 Gy of Donetsk 6 cultivar was found to be lethal; whereas Kuyalnik cultivar appeared to be more resisting to the treatment with the same dose. Thereby winter wheat plant growth and development in M1 generation after the treatment with mutagenic agents depends on dose, agent's concentration and cultivar genotype.*

Key words: *wheat, mutagenic agents, gamma–rays, genotype, mutation, dose, germination, endurance.*

Address: *Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine 31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine*

Вступ

Пшениця – одна з найдавніших і найпоширеніших культур на земній кулі. Це хлібна культура більшості країн світу, що вирощується від північних полярних районів до південних меж п'яти континентів. Пшениця найважливіша продовольча культура: її вживають як їжу більша половина населення земної кулі, серед зернових вона займає провідне місце по виробничих площах і валовому збору зерна. Пшеничне борошно широко використовується в хлібовипічці і кондитерській промисловості. Пшеничний хліб відрізняється високими смаковими, поживними властивостями і добрим перетравлюванням. Зерно пшениці використовується також для виробництва крупи, макаронних виробів, спеціальні сорти її служать для отримання кормів.

За допомогою селекції вдалося корінним чином покращити якість зерна і підвищити врожайність зернових культур на основі виведення нових сортів. Перед вченими всього світу все з більшою гостротою постає питання про нові нетрадиційні підходи і методи, які дозволили б виявити всі потенціальні можливості рослинного організму і разом з тим в більш короткі строки отримати нові форми і сорти.

Впровадження в народне господарство ранньостиглих сортів озимої пшениці дозволяє уникнути ураження хворобами, більш раціонально використовувати збиральну техніку, знизити навантаження під час збирання і провести його з мінімальними затратами. Площі після збирання ранньостиглих сортів також можна використовувати під пожнивні посіви [12].

М.І. Вавилов [1] у 1935 р. писав, що основним моментом в селекції пшениці (озимої та ярої) є довжина вегетаційного періоду. Пересування пшениць на північ, а також необхідність прискореного розвитку рослин пшениці в засушливих південних районах для "відходу" від літніх суховіїв, а у вологих – ураження хворобами – все це змушує приділяти велику увагу селекції скоростиглих форм, які в той же час володіють здатністю ефективно використовувати сонячну енергію [1].

Дослідження Алларда, Гарнера (по Вавилову [1]) виявили різку залежність вегетаційного періоду не тільки від генотипних властивостей, а також зовнішніх умов, що визначають розвиток рослини. Ранньостиглі сорти в одних умовах можуть бути пізніми, в інших – ранніми.

Найчастіше ранньостиглість визначають за датою колосіння чи цвітіння, так як цей строк можна відмітити з більшою точністю ніж дату воскової чи повної стиглості.

В класичній роботі "Центры происхождения культурных растений" М.І.Вавилов [2] вказував на те, що всі культурні пшениці ведуть свій початок з Азії, і сортове різноманіття зростає в напрямку Афганістану, Індії та Китаю. Тому, селекціонер повинен шукати нові форми пшениці в гірських районах південно–західної Азії з достатнім природнім зволоженням та східно–азіатською культурою землеробства.

Перші селекційні роботи по створенню ранньостиглих сортів були розпочаті в Китаї та Японії методом відбору [14, 13]. Китайські сорти характеризувались ранньостиглістю, низькою та міцною соломиною, багатоквітковістю колоса і округлою формою зерна. Вони виявили значний вплив на формування пшениць Японії та Кореї, брали участь в створенні ранньостиглих сортів Італії та Аргентини. Сорти та зразки китайського походження представляють величезну цінність з точки зору селекції на ранньостиглість. Майже всі китайські форми є ультра–ранньостиглими. Завдячуючи даному селекційному напрямку ці форми практично не уражуються бурою листовою іржею та іншими хворобами.

Подальше генетичне вдосконалення пшениці за довжиною вегетаційного періоду можна досягнути різними методами, серед яких важливе місце відводиться експериментальному мутагенезу. З цією метою для створення за допомогою індукованих мутацій нових джерел ранньостиглості і використання їх в селекції, нами були закладені широкомасштабні польові досліди, вивчено вплив мутагенів на ріст і розвиток рослин в поколінні M_1.

Методика

Насіння сортів озимої пшениці Донецька 6 та Куяльник опромінювали гамма–променями в дозах 100, 150, 200 та 250 грей та обробляли хімічними мутагенами: нітрозоетилсечовиною в концентраціях 0,005, 0,01, 0,025 та 0,03%, нітрозометилсечовиною – 0,0025, 0,005, 0,0125 та 0,025%, 1,4–бісдіазоацетилбутаном – 0,2%. Обробку мутагенами проводили за загальноприйнятою методикою [5]. На всіх варіантах проводили обробку насіння гіберелiновою кислотою при концентрації 1000 мг/л. Насіння висівали в польових умовах в рядки, довжиною 1,5 м по 100 зерен в ряд. Досліджували вплив фізичних та хімічних мутагенів на польову схожість та перезимівлю. Аналіз морфолого–біологічних показників визначали методом структурного аналізу по 30 рослин з одного варіанту. Досліджували наступні показники: висоту рослин, довжину головного колосу, кількість продуктивних стебел, кількість колосків та кількість зерен у головному колосі, масу зерна з головного колосу, масу зерна з рослини та масу 1000 зерен в поколінні M_1.

Результати та обговорення

В посівах M_1 проводять облік мутацій та відбори в першу чергу мутантних рослин. При невисоких дозах мутагенної дії рослини M_1 зовні виглядають однорідно. При високих дозах рослини сильно диференціюють по висоті та розвитку, проявляється багато морфозів – фенотипово змінених рослин з різними аномаліями в розвитку колоса, листка і стебла (фасціація колоса, кущіння, скручування листків, стерильність та ін.). Ці зміни в послідуючих поколіннях не успадковуються [8].

З метою ефективності відбору мутантних рослин в M_1 проведені дослідження по зв'язку ознак рослин M_1 з частотою мутацій в M_2. Ці дослідження показали, що ознаки рослин M_1 – морфологічні зміни колосу, стебла та інших частин, хлорофільна недостатність, депресивний розвиток (морфози) – не можуть бути надійним маркером для відбору мутантних рослин [8], але за іншими ознаками такий зв'язок існує.

Дія мутагенних факторів на біологічні об'єкти неоднорідна. Поряд з мутаційними змінами вони викликають у рослин M_1 глибокі функціональні зміни фізіологічних, біохімічних та інших процесів. Реакція рослин на дію мутагенів складається із ефекту пошкодження клітинних структур і репараційних процесів на молекулярному рівні, елімінації пошкоджень на клітинному та клітинно–популяційному рівнях [4].

Оцінка чутливості рослин в M_1 до дії мутагенів необхідна для визначення ступеня токсичності мутагенних факторів та чутливості до них сортів, ступеня пошкоджуючої дії мутагенних факторів на ріст і розвиток рослин, встановлення показників рослин M_1 з виходом мутацій, встановлення оптимальних і критичних доз з метою раціонального використання вихідного матеріалу з максимальною ефективністю отриманих результатів [8].

Вважається прийнятим, що мутагенна дія відображається сильніше на тих показниках чи ознаках рослин, які закладаються в момент обробки (різні етапи органогенезу). Частіше чутливість рослин в M_1 до дії мутагенів обраховують по показниках схожості насіння, виживання рослин, пригніченню росту і розвитку рослин в лабораторних і польових умовах, цитогенетичному пошкодженню хромосомного апарату клітини, зміні строків колосіння і цвітіння, зниженню продуктивності рослин. При цьому слід враховувати, що при високих дозах опромінення значна частина рослин пшениці гине в фазі колеоптилю, тому облік схожості після опромінення насіння необхідно проводити через 10 – 15 діб після появи сходів [8].

При дії на насіння пшениці хімічними мутагенами спостерігається віддалена загибель рослин, що найбільше проявляється при обробці насіння N–нітрозоалкілсечовинами. При цьому рослини залишаються в фазі колеоптиля, двох–трьох листків, початку виходу в трубку і т. д. в залежності від концентрації мутагену: чим вища концентрація,

тим раніше гальмується ріст на протязі всього досліду, в той час як контрольні рослини знаходяться на стадії плодоношення [6].

На наших польових дослідах перед виходом в зиму було пораховано польову схожість насіння. Аналізуючи дані можна сказати, що у досліджуваних сортах збільшення концентрації та дози мутагену призвело до зниження схожості рослин, яка коливалась в межах 10,3% при опроміненні гамма–променями в дозі 250 Гр та 80,3% при дії нітрозометилсечовини в концентрації 0,0025 % (Табл. 1,2).

При відновленні вегетації були проведені польові обстеження та обраховано виживання рослин по відношенню до їх схожості. Відмічено, що у сорту Донецька 6 за високих доз опромінення 200 Гр виживання рослин становило 6,9% по відношенню до схожості, а при опроміненні в дозі 250 Гр всі рослини загинули (Табл. 1). Для сорту Куяльник дані дози виявилися оптимальними, зокрема, виживання рослин по відношенню до схожості становило відповідно 76,3% при опроміненні в дозі 200 Гр та 65,0 % при дозі 250 Гр. (Табл. 2). Можна зробити висновок, що сорт Куяльник є більш стійким до впливу мутагенних факторів в порівнянні з сортом Донецька 6.

Одержані результати дали змогу встановити, що при впливі на насіння хімічними та фізичними мутагенами схожість рослин та їх виживання залежать як від дози та концентрації мутагену, так і від генотипу сорту.

Аналізуючи літературні дані можна сказати, що при обробці мутагенами насіння пшениці пошкоджуюча дія в першу чергу відображається на таких ознаках, як схожість насіння, виживання рослин, маса зерна з колосу. На різних видах пшениці було показано, що депресія по інших ознаках (висоті стебла, кількості зерен в колосі та масі 1000 зерен) була незначною і практично однаковою [9].

Ступінь пошкоджуючої дії залежить від фізіологічного стану клітин, їх плоїдності, природи мутагену, його доз і концентрацій, часу дії. Чутливість до дії фізичних і хімічних мутагенів в значній мірі зумовлена генотипними особливостями сорту в межах не лише видів та різновидностей, але і однієї різновидності [8].

Кількісними ознаками прийнято називати ознаки з неперервною мінливістю. Серед інших до них відносяться найважливіші ознаки рослини, з якими пов'язано врожайність зерна – висота рослини, довжина колоса, кількість колосків у колосі, а також час колосіння та дозрівання, маса зерна з колоса. Успадкування таких ознак у пшениці постійно вивчається [3].

Літературні дані свідчать про те, що кількісні показники елементів продуктивності залежать від дози та концентрації мутагенних чинників. Так, наприклад, при опроміненні сортів квасолі гамма–променями в дозах від 150 до 350 Гр в популяції покоління М1 такі ознаки, як висота рослини, кількість гілок та плодів в стручках, кількість насінин в стручках знижувались із збільшенням дози опромінення. В популяції покоління М2 були отримані та відібрані варіанти, які дозрівали раніше вихідного сорту та мали короткий період цвітіння [15].

В Болгарії досліджували вплив гамма–опромінення, в дозах 50, 100 та 150 Гр та азиду натрію в концентраціях 0,1; 1,0 та 10 мМ на висоту рослин, продуктивну кущистість, довжину головного колосу, кількість зерен з головного колосу, кількість та масу зерен на рослині сортів озимої пшениці в поколінні М1. Спостерігалася депресія кількісних характеристик продуктивності в М1, яка зумовлена, головним чином, дією мутагенних факторів [11].

В Росії насіння сортів озимої пшениці піддавали гамма–опроміненню в дозах 50–150 Гр. Висота головного стебла у отриманих мутантів була на 15,5 см та на 20,6 см меншою, ніж у вихідних сортів, що зумовлює стійкість до вилягання [10].

Актуальним є питання, яка ж із пощкоджуючих мутагенами в М1 ознак тісно корелює з мутаційною мінливістю в М2. Вирішення цього питання дало б можливість знаходить в М1 найбільш оптимальні варіанти отримання мутацій та позбавитись великого об'єму доборів вихідного матеріалу. Нажаль, в даний час корелятивні зв'язки між пошкоджуючою дією мутагенів на окремі ознаки та мутабільністю рослин М2 вивчені недостатньо і мають суперечливий характер [8]. В багатьох роботах по експериментальному мутагенезу такі взаємозв'язки не виявлені. Пояснюється це тим, що з моменту виникнення первинних пошкоджень проходить багато часу і багато з них елімінують не реалізовуючись в суттєві зміни. В окремих роботах показано на двох сортах озимої пшениці Миронівська 808 та Миронівська ювілейна, що польова схожість рослин М1 не пов'язана з мутаційним процесом в М2 рослин. В той же час ними встановлена високо достовірна кореляція між депресією рослин в М1 по ознаках висоти рослин, кількості, масі та крупності зерна з колосу і мутаційною мінливістю рослин М2 [7].

Аналіз наших досліджень по структурному аналізу показав, що фізичні і хімічні мутагени у вивчених дозах та концентраціях значно впливають на урожайність та її структурні елементи. У сорту Донецька 6 за опромінення гамма–променями з підвищенням дози спостерігається зниження цих показників. Висота рослин варіює в межах 88,4 см – 69,6 см, довжина головного колосу – 8,6 см – 7,6 см (Рис. 1,2). При обробці хімічними мутагенами знижуються маса 1000 зерен (з 52,3 до 49,5 г), маса зерна з рослини (з 5,1 до 4,0 г), маса зерна з головного колосу (з 1,9 до 1,7 г) та кількість зерен з головного колосу (з 35,4 до 28,6 зерен) (Таблиця 3). Різниця з контролем у більшості дослідних варіантів статистично достовірна. При дії мутагенами на насіння сорту Куяльник отримані аналогічні результати.

Таблиця 1. Польова схожість та виживання рослин озимої пшениці у сорту Донецька 6, оброблених різними дозами та концентраціями фізичних і хімічних мутагенів

Варіант	Кількість висіяного насіння	Польова схожість насіння		Виживання рослин	
		Кількість	%	Кількість	%
Контроль, вода	2000	1470,0	73,5±1,15	1370	93,1±0,68
100 Гр+ Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1405,0	70,3±1,22	1210	86,1±0,99*
150 Гр+Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1210,0	60,5±1,41*	960	79,3±1,31*
200 Гр+Гіберелінова к–та	2000	870,0	43,5±1,68*	60	6,9±3,27*
250 Гр+Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	205,0	10,3±2,12*	0	0
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + ДАБ 0,2%	2000	1515,0	75,8±1,10	1398	92,3±0,71*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,005%	2000	1375,0	68,8±1,25*	1199	87,2±0,96*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,01%	2000	1395,0	69,8±1,23*	1134	81,3±1,16*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,025%	2000	1655,0	82,8±0,93*	1279	77,3±1,17*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,03%	2000	1370,0	68,5±1,25*	973	71,0±1,45
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,0025%	2000	1556,0	77,5±1,06*	1419	91,2±0,75*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,005%	2000	1545,0	77,3±1,07*	1302	84,3±1,01*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,0125%	2000	1200,0	60±1,41*	829	69,1±1,60*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,025%	2000	985,0	49,3±1,59*	165	16,8±2,91*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1255,0	62,8±1,36*	1162	92,6±0,77*

* — тут та далі різниця в порівнянні з контролем статистично достовірна при $P_{0,05}$

Таблиця 2. Польова схожість та виживання рослин озимої пшениці у сорту Куяльник, оброблених різними дозами та концентраціями фізичних і хімічних мутагенів

Варіант	Кількість висіяного насіння	Польова схожість насіння		Виживання рослин	
		Кількість	%	Кількість	%
Контроль, вода	2000	1645,0	82,3±0,94	1507	91,6±0,71
100 Гр+ Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1515,0	75,8±1,10*	1282	84,6±1,01
150 Гр+Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1395,0	69,8±1,23*	1098	78,7±1,24*
200 Гр+Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1395,0	69,8±1,23*	1064	76,3±1,30*
250 Гр+Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1080,0	54±1,52*	702	65,0±1,80*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + ДАБ 0,2%	2000	1420,0	71±1,20*	1244	87,6±0,93*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,005%	2000	1475,0	73,8±1,14*	1240	84,1±1,04
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,01%	2000	1540,0	77±1,07*	1226	79,6±1,15
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,025%	2000	1585,0	79,3±1,02*	1152	72,7±1,31*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НЕС 0,03%	2000	1455,0	72,8±1,17*	1007	69,2±0,86*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,0025%	2000	1605,0	80,3±0,99	1422	88,6±0,84*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,005%	2000	1150,0	57,5±1,46*	935	81,3±1,28
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,0125%	2000	1445,0	72,3±0,94*	1120	77,5±1,25*
Гіберелінова к–та 1000 мг/л + НМС 0,025%	2000	690,0	34,5±1,51*	0	0
Гіберелінова к–та 1000 мг/л	2000	1415,0	70,8±1,21*	1250	88,3±0,91*

Таблиця 3. Залежність елементів продуктивності від концентрації мутагену сортів озимої пшениці

Варіант	Кількість зерен у головному колосі, шт.	Маса зерна з головного колосу, г	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 зерен, г
Донецька 6				
Контроль, вода	42,0±1,6	2,2±0,1	6,3±0,3	54,8±0,63
ДАБ 0,2%	36,4±1,35*	1,9±0,08*	4,9±0,27*	49,8±0,25*
НЕС 0,005%	36,3±1,26*	1,9±0,07*	4,4±0,16*	50,5±1,32*
НЕС 0,01%	31,3±1,4*	1,5±0,08*	4,7±0,26*	54,3±1,93*
НЕС 0,025%	31,8±1,35*	1,7±0,08*	5,0±0,26*	53,0±0,41
НЕС 0,03%	30,7±1,2*	1,6±0,07*	4,8±0,23*	49,0±0,91*
НМС 0,0025%	35,4±1,31*	1,9±0,1*	5,1±0,26*	51,8±0,48
НМС 0,005%	33,6±1,55*	1,8±0,08*	4,7±0,19*	52,3±0,85*
НМС 0,0125%	28,6±1,6*	1,7±0,11*	4,0±0,25*	49,5±0,29*
Куяльник				
Контроль, вода	47,9±1,27	2,1±0,06	5,4±0,27	45,8±0,75
ДАБ 0,2%	50,7±1,67	2,5±0,09*	6,1±0,26	50,0±0,71*
НЕС 0,005%	42,9±1,55*	1,9±0,10	5,6±0,27	44,5±0,29
НЕС 0,01%	38,2±1,78*	2,0±0,1	5,6±0,34	48,0±0,71*
НЕС 0,025%	47,5±1,68	2,2±0,07	5,9±0,3	46,5±0,65
НЕС 0,03%	39,4±1,26*	1,9±0,06*	4,9±0,22	47,0±1,0
НМС 0,0025%	39,1±1,3*	1,7±0,06*	4,3±0,16*	43,8±0,48*
НМС 0,005%	43,1±1,45*	1,9±0,09	5,5±0,26	48,8±0,25*
НМС 0,0125%	36,0±1,11*	1,7±0,06*	4,1±0,18*	44,5±0,29

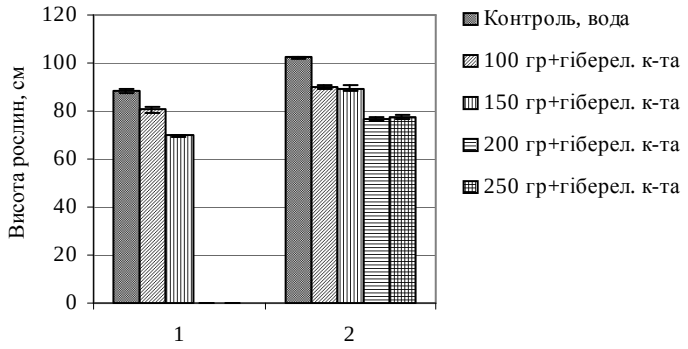

Рис. 1. Залежність висоти рослин сортів озимої пшениці від дози мутагену: 1 – Донецька 6; 2 – Куяльник.

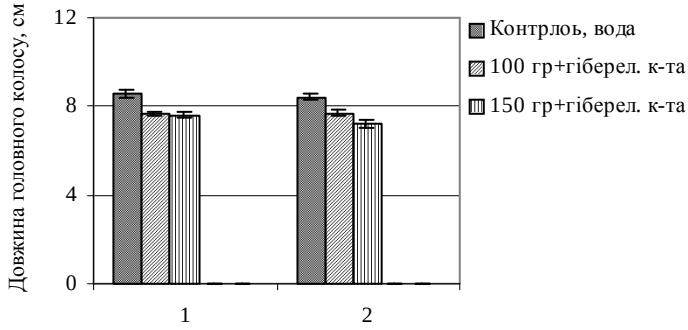

Рис. 2. Залежність довжини головного колосу озимої пшениці від дози мутагену: 1 – Донецька 6; 2 – Куяльник.

Отже, нами було досліджено, що з підвищенням дози мутагенних чинників спостерігається зниження схожості рослин, виживання рослин, структурних елементів врожайності. Різні дози та концентрації мутагенів по різному впливають на сорти озимої пшениці. Так, наприклад, доза опромінення гамма–променями 250 Гр для сорту Донецька 6 виявилася летальною, а сорт Куяльник виявився більш стійким до опромінення при такій дозі.

Таким чином, в результаті проведених досліджень показано, що ріст і розвиток рослин озимої пшениці в поколінні M_1 після дії мутагенними чинниками залежить від дози, концентрації мутагену та генотипу сорту.

1. *Вавилов Н. И.* Избранные произведения. Л: Наука, 1967. – Т.1. – С.104–118.
2. *Вавилов Н. И.* Центры происхождения культурных растений // Тр. По прикл. бот., ген. и сел. Л., 1926. – Т. 6. – вып. 2. – С. 73–76.
3. *Генетика і селекція* в Україні на межі тисячоліть: У 4 т./ Редкол.: В.В.Моргун (голов. ред.) та ін. – К.: Логос, 2001. – Т. 2. – 636 с.
4. *Дубинин Н. П.* Проблемы радиационной генетики. – М.: Рос: атомиздат, 1961. – 468 с.
5. *Зоз Н. Н.* Методика использования химических мутагенов в селекции сельськохозяйственных культур // Мутационная селекция. – Москва: Наука, 1968. – С. 217–230.
6. *Макарова С. И.* // Супермутагены. – М.: Наука, 1966. – С. 116–121
7. *Мальченко В. В., Гуляев Г. В., Хотяновская Е. Б.* // Генетика. – 1976. – 12, № 2. – С. 25–35.
8. *Моргун В. В., Логвиненко В. Ф.* Мутационная селекция пшеницы. – Киев: Наукова думка, 1995. – 652 с.
9. *Мустафаев И. Д., Рискаль Г. В.* // Тр. Ин–та генетики и селекции АН АзССР. – 1985. – **10.** – С. 5–19
10. *Мухамбеджанов К. К., Утешева К. А.* / Радиационный мутагенез у озимой пшеницы // 3 Съезд по радиац. исслед. „Радиобиолог., радиоэколог., радиац. безопас.”, Москва, 14–17 окт., 1997: Тез. докл. Т.2. – Пущино, 1997. – С. 113. – Рус.
11. *Рачовска Гинка, Димова Дочка* / Ефект на натриевия азид и гама–лъчите върху количествените характеристики на продуктивността в M_1 и връзката му с честотата на мутационните изменения в M_2 при зимна обикновена пшеница // Растениевъд. науки. – 2000. – 37, № 7. – С. 413–419. – Болг.; рез. рус.; англ.
12. *Савченко Д. И.* Селекция и семеноводство (Москва). – 1983. – № 9. – С.10 – 14.
13. *Тараканов С. Г.* Пшеницы средней Азии и сопредельных стран. Ташкент: Наука, 1964. – С. 30–33.
14. *Якубцинер М. М.* Селекционная значимость пшениц Китая // Селекция и семеноводство. М., 1959. – №4. – С. 14–49.
15. *Le Thi Dinh, Pham* Le Ha, Nguyen Van Toan, Le Xuan Tham / Study on mutation induced effect of gamma ray and DES on black bean phaseolus vulgaris // JAERI–Conf. – 2001, – № 003. – С. 190–195. – Англ.

Отримано: 10 січня 2006 р.
Прийнято до друку: 19 січня 2006 р.