UDC 635.152:61.527

EVALUATION OF THE AFTER EFFECT OF MUTAGENIC FACTORS ON THE ECOLOGICAL STABILITY OF RADISH BREEDING MATERIAL ON THE MANIFESTATION OF THE SIGN "TOTAL YIELD OF ROOT"

Ovchinnikova O.P.

Institute of Vegetable and Melon Growing of National Academy of Agricultural sciences of Ukraine, Instytutska str., 1, vill. Seleksiine. Kharkiv rg., Ukraine. 62478

E-mail: ovchinnikova808@ukr.net

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-68-88-16-21>

The aim of the research. To determine the effect of the aftereffect of chemical mutagenic factors on the manifestation of valuable economic traits of radish *Raphanus sativus* L. and to identify genotypes with a high level of ecological stability among mutant samples in terms of "total root yield" for use in breeding as forms with high adaptability. **Methods.** Biometric, field, statistical. The following indicators were used to assess the parameters of adaptive capacity and ecological plasticity of mutant progeny: general and specific adaptive capacity of the genotype (GAC_i and SAC_i); relative stability (Sg_i); coefficient of ecological plasticity (b_i); breeding value of the genotype (BVG_i). **Results.** Peculiarities of the effect of chemical mutagenesis on the genotype and phenotypic manifestation of quantitative traits of radish *Raphanus sativus* L. have been established. The degree of influence of mutagenic substances on the manifestation of root yield depending on the type of chemical mutagen and its concentration during the treatment of the original seed material was determined. Differences in the yield of radish roots depending on the action of the mutagenic factor between the initial forms and the mutant genotypes derived from them were established. Based on the analysis of variance, breeding mutant samples with high adaptive capacity were identified according to the manifestation of the trait "Total root yield". **Conclusions.** The analysis of the aftereffects of chemical mutagens on the selection material of radish makes it possible to expand the boundaries of the phenotypic manifestation of both qualitative and quantitative parameters. The studied statistical indicators of adaptive ability make it possible to select high-yielding genotypes of radish for sowing in conditions of constant climate change.

Key words: radish, adaptability, stability, plasticity, selection value of genotype, yield, line

ОЦІНКА ПІСЛЯДІЇ МУТАГЕННИХ ЧИННИКІВ НА ЕКОЛОГІЧНУ СТІЙКІСТЬ СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ РЕДИСКИ ЗА ПРОЯВОМ ОЗНАКИ "ЗАГАЛЬНА ВРОЖАЙНІСТЬ КОРЕНЕПЛОДІВ"

Овчиннікова О.П.

Інститут овочівництва і баштанництва НААН

вул. Інститутська, 1, сел. Селекційне Харківської обл., 62478, Україна

E-mail: ovchinnikova808@ukr.net

Мета. Визначити ефект післядії хімічних мутагенних чинників на прояв цінних господарських ознак редиски посівної *Raphanus sativus* L. та виявити серед мутантних зразків генотипи з високим рівнем екологічної стійкості за показником «загальної врожайності коренеплодів» для використання в селекції як форм з високою адаптивною здатністю. **Методи.** Біометричні, польові, статистичні. Для оцінки параметрів адаптивної здатності і екологічної пластичності мутантного потомства використовували наступні показники: загальна і специфічна адаптивна здатність генотипу ($ЗАЗ_i$, $САЗ_i$); відносна стабільність (Sg_i); коефіцієнт екологічної пластичності (b_i); селекційна цінність генотипу ($СЦГ_i$). **Результати.** Встановлено особливості дії хімічного мутагенезу на генотип та фенотиповий прояв кількісних ознак редиски посівної *Raphanus sativus* L. Визначено ступінь впливу речовин мутагенної дії

на прояв урожайності коренеплодів залежно від виду хімічного мутагену та його концентрації під час обробки вихідного насіннєвого матеріалу. Встановлено розбіжності в урожайності коренеплодів редиски залежно від дії мутагенного чинника між вихідними формами і похідними від них мутантними генотипами. На основі проведеного дисперсійного аналізу виділені селекційні мутантні зразки з високою адаптивною здатністю за проявом ознаки "Загальна врожайність коренеплодів". **Висновки.** Проведений аналіз післядії хімічних мутагенів на селекційний матеріал редиски дає можливість розширити межі фенотипового прояву як якісних, так і кількісних параметрів. Досліджені статистичні показники адаптивної здатності дають змогу проводити добір високоврожайних генотипів редиски посівної в умовах постійної зміни клімату.

Ключові слова: редиска посівна, адаптивність, стабільність, пластичність, селекційна цінність генотипу, урожайність, лінія

Вступ. Стрімкий економічний розвиток минулого століття призвів до значної експлуатації земельних ресурсів з наступним максимальним виснаженням ґрунтів (Varlamova I.S., 2016). Гібриди та сорти уже створених овочевих культур не мають змоги давати бажаний урожай в умовах глобальних кліматичних змін. Тому перед селекціонерами постала задача створити високоадаптивні гібриди та сорти, що характеризуються стабільно високими показниками цінних господарських ознак, таких як урожайність та біохімічний склад (Zhuchenko A.A., 1988). Перевага адаптивного селекційного матеріалу зумовлена спектром елементів пристосування до навколишнього середовища, що вироблена за роками досліджень та закладена генетично (Tishhenko V.N., 2005).

Новостворений сорт або гібрид повинен мати широку екологічну пластичність, що проявлятиметься не тільки у збереженні життєдіяльності рослинного організму – прояві біологічної стійкості рослинного організму, а й у максимальній віддачі якісного врожаю в діапазоні дії негативних чинників навколишнього середовища (так званої агрономічної стійкості (Skljar V.G., 2015)).

Таким чином селекціонер має контролювати адаптивні можливості селекційного матеріалу, оцінка якого проходить впродовж років досліджень у різних погодних умовах, на різних фонах та у різних екологічних зонах (Litun P.P., 2004).

Редиска посівна (*Raphanus sativus* L.), як одна з основних коренеплідних культур у світі, пройшла довгий еволюційний селекційний шлях. Розширене використання редиски посівної, як цінної овочевої культури, дає поштовх для активного наукового дослідження в її селекції (Liang, R.F. and He, L.F., 2018).

В наші дні селекційний процес з отримання нових сортів та гібридів редиски посівної ґрун-

тується на основі методів гібридизації та явища самонесумісності. Також новітній селекційний матеріал отримують за допомогою індукованого хімічного та фізичного мутагенезу, які активно застосовуються для розширення генофонду сільськогосподарських культур (An, X.L., 2013).

Мутагенез як один з видів селекції – це сучасне доповнення до традиційних методів, що прискорює процес виведення цінних овочевих культур (Parry, M.A., 2009, An, X.L., Cai, Y.L., 2013).

Всебічна оцінка новоствореного мутантного селекційного матеріалу, в залежності від зміни екологічних умов, в майбутньому дозволяє виділити цінні комбінаційно здатні лінії (а в майбутньому сорти та гібриди), що здатні забезпечити стабільно високий рівень врожайності, без втрати якісних показників.

Вивчення адаптивного потенціалу селекційного матеріалу включає аналіз адаптивної здатності, стабільності, пластичності та селекційної цінності досліджуваних генотипів редиски посівної *Raphanus sativus* L. (Ahloowalia B.S., Maluszynski M., 2004).

Аналіз останніх досліджень й публікацій з досліджуваної теми. Багато зарубіжних вчених займаються питанням щодо вивчення індукованого мутагенезу на сільськогосподарських культурах (Till, B.J., 2007). Проте вивчення питання з використання хімічного та фізичного мутагенезу на культурі редиски вивчено не достатньо. Представлені у вільному доступі публікації описують дослідження з вивчення оптимальної концентрації хімічних мутагенів для виникнення мутацій, що проявляються фенотипово у наступних поколіннях (Huo H., 2016; Parry M.A. Madgwick, 2009, Greene, E.A., Codomo, C.A., 2003.).

Як відомо, в селекції використовується як індукований мутагенез, так і спонтанні мутанти, які часто з'являються у популяціях рослин.

За даними D. Marcu та ін. найбільший ефект від дії мутагенних чинників досягається після їх використання для передпосівної обробки насіння (*Delia Marcu*, 2012; *Wi S.G.*, 2007, *Lu, Y., Liu, M.Y., Wang, S.*, 2013, *Uauy, C., Paraiso, F.*, 2009). Проте в Україні досліджень за цим напрямом проведено вкрай недостатньо, а корисний потенціал мутагенезу для селекції редиски посівної до кінця ще не досліджено.

Мета досліджень. Визначити ефект післядії хімічних мутагенних чинників на прояв цінної господарської ознаки редиски посівної *Raphanus sativus* L. – “Загальна врожайність коренеплодів” для використання в селекції як форм з високою адаптивною здатністю за даною ознакою.

Матеріали й методи досліджень. З метою розширення спектру генотипової мінливості редиски посівної *Raphanus sativus* L. у 2015–2017 роках на базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН був закладений дослід з хімічного мутагенезу. Об'єктами дослідження

були сорти селекції інституту: Рубін, Богиня, Базис, Ксенія.

Для отримання мутантних зразків редиски повітряно-сухе насіння сорту обробляли речовиною мутагенної дії – диметилсульфатом (ДМС) та його похідними Д-2МУ, Д-3МУ, ДМУ-9 ТА ДМУ-10А. Дана обробка проводилася шляхом передпосівного занурення у водні розчини препаратів у діючій концентрації 0,005 % та 0,01 % при однаковій часовій експозиції обробки (18 годин). Контроль – насіння намочене у дистильованій воді (табл.1).

Аналіз мутантних зразків редиски посівної за особливостями проявом досліджуваної кількісної ознаки проводили в польових умовах. Польові дослідження закладали за стандартними методиками, які викладено у науково-методичних виданнях: “Сучасні методи селекції овочевих і баштанних рослин” (Gorova T.K., 2001), “Сучасні технології в овочівництві” (Yakovenko K.I., 2001).

Таблиця 1 – Схема отримання мутантного селекційного матеріалу редиски посівної

Показник	ДМС (еталон)	Д-2МУ, Д-3МУ, ДМУ-9, ДМУ-10А
Концентрація	0,005 %, 0,01 %	0,005 %
Спосіб обробки	намочування	намочування
Тривалість дії	18 годин	18 годин
Фаза онтогенезу рослини	насіння	насіння

Статистичний обробіток експериментального матеріалу було проведено за методиками, викладеними у роботах (*Tsarenko O, Zlobin Y*, 2000; *Litun, P.P., Kirichenko, V.V.*, 2007; *Hel, I.M.*, 2014; *Kravchenko, V.A., Sych, Z.D.*, 2013).

Для оцінки параметрів адаптивної здатності і екологічної стабільності генотипів використовували наступні показники: $ЗАЗ_i$ й $САЗ_i$ – загальна і специфічна адаптивна здатність генотипу; Sg_i – відносна стабільність; b_i – коефіцієнт екологічної пластичності, який визначає реакцію генотипу на варіювання умов середовища; $СЦГ_i$ – селекційна цінність генотипу (*Kilchevskiy, A.V., Hotyileva, L.V.*, 1985).

Результати досліджень. В результаті індукowanego мутагенезу було отримано 24 мутантні зразки, похідних від сортів Рубін, Богиня, Базис, Ксенія.

Статистичний аналіз трирічних даних по загальній врожайності селекційних зразків редис-

ки посівної показав, що загальна адаптивна здатність ($ЗАЗ_i$) у селекційних зразків коливалася від 2,81 у зразка від обробки сорту Ксенія хімічною речовиною Д-3МУ до 24,74 у зразка від обробки сорту Базис ДМС (диметилсульфатом) у концентрації 0,01 % діючої речовини (табл.2).

Слід відмітити, що за показником $ЗАЗ_i$ кращими були 3 зразки, у яких цей показник коливався від 2,38 до 5,65. Це селекційний зразок Рубін (Д-3МУ) – 3,8, Ксенія (ДМУ-9А) – 5,65, Ксенія (Д-3МУ) – 2,71, Ксенія (ДМУ-10А) – 2,38.

Ступінь стабільності генотипу селекційних зразків можна оцінити за ефектом ($\sigma САЗ_i$) або варіансою ($\sigma^2 САЗ_i$) специфічної адаптивної здатності. Високий показник специфічної адаптивної здатності селекційного зразка показує фенотиповий прояв параметру, що досліджується, за специфічних агрокліматичних умов.

Таблиця 2 – Адаптивний потенціал зразків редиски посівної за проявом ознаки “загальна урожайність коренеплодів”, середнє за 2015–2017 рр.

Зразок	Урожайність, т/га			Хсер.	Показники адаптивної здатності		Стабільність генотипу (Sg _i)	Коефіцієнт екологічної пластичності(b _i)	Селекційна цінність генотипу (СЦГ _i)
					Загальна (ЗАЗ _i)	Специфічна (САЗ _i)			
Покоління	M ₀ – 2015 р.	M ₁ – 2016 р.	M ₂ – 2017 р.						
Обробка Д-2МУ (0,005 %)									
Рубін	20,78	20,89	22,84	21,50	0,15	1,34	5,39	-0,38	16,97
Богиня	21,74	19,92	22,04	21,23	-0,12	1,32	5,40	0,79	16,74
Базис	17,79	18,38	19,94	18,70	-2,65	1,23	5,94	-0,61	14,36
Ксенія	25,01	18,4	21,09	21,50	0,15	11,05	15,46	3,65	8,49
Обробка Д-3МУ (0,005 %)									
Рубін	23,47	25,25	26,74	25,15	3,80	2,68	6,51	-1,33	18,75
Богиня	21,16	16,71	17,87	18,58	-2,77	5,33	12,42	2,56	9,54
Базис	18,94	19,38	23,05	20,46	-0,89	5,09	11,03	-0,85	11,62
Ксенія	18,28	18,4	19,24	18,64	-2,71	0,27	2,81	-0,21	16,59
Обробка ДМУ-9А (0,005 %)									
Рубін	18,28	20,3	23,98	20,85	-0,50	8,35	13,86	-1,83	9,54
Богиня	23,09	22,88	19,91	21,96	0,61	3,16	8,10	0,60	15,00
Базис	21,16	19,82	22,09	21,02	-0,33	1,30	5,43	0,47	16,56
Ксенія	30,01	23,95	27,05	27,00	5,65	9,18	11,22	3,25	15,14
Обробка ДМУ-10А (0,005 %)									
Рубін	21,04	22,56	24,08	22,56	1,21	2,31	6,74	-1,18	16,61
Богиня	24,24	20,19	19,01	19,01	-0,20	7,52	12,97	2,69	10,41
Базис	20,08	21,59	23,87	21,85	0,50	3,64	8,73	-1,29	14,38
Ксенія	24,02	22,08	25,09	25,09	2,38	2,33	6,43	0,72	17,76
ДМС (0,005 %)									
Рубін	27,37	17,65	23,44	22,82	1,47	23,91	21,43	5,08	3,68
Ксенія	25,01	17,84	18,05	20,30	-1,05	16,55	20,10	4,39	4,33
Базис	23,09	18,42	21,09	20,87	-0,48	5,49	11,23	2,46	11,70
Богиня	21,36	20,08	19,87	20,44	-0,91	0,65	3,95	0,82	17,28
ДМС (0,01 %)									
Рубін	19,05	24,01	26,08	23,05	1,70	13,05	15,68	-3,39	8,91
Ксенія	23,28	18,28	19,09	20,22	-1,13	7,20	13,27	2,96	9,71
Базис	26,55	16,34	18,94	20,61	-0,74	28,15	25,74	5,89	-0,16
Богиня	20,39	15	22,04	19,14	-2,21	13,56	19,23	2,21	4,73
Без обробки									
St, Рубін	24,5	24,1	14,4	21,00	-0,35	32,71	27,23	1,78	-1,39
St, Ксенія	18,8	22,4	17,6	19,60	-1,75	6,24	12,74	-1,46	9,82
St, Базис	25,9	26,4	15,8	22,70	1,35	35,77	26,35	1,37	-0,71
St, Богиня	21,4	25,7	16,3	21,13	-0,22	22,14	22,27	-1,17	2,71
X _{min}					0,12	0,27	2,81	0,21	0,16
X _{max}					3,80	11,05	27,23	5,89	18,75
A _m = X _{max} - X _{min}					3,68	10,78	24,42	5,68	18,59

Серед досліджуваних зразків, найкращими за показником САЗ_i (специфічна адаптивна здатність), тобто найбільш пристосованими до конкретних умов навколишнього середовища

виявилися 6 зразків: у похідних від сорту Рубін (САЗ_i = 32,71) це Рубін (ДМС 0,005 %) – 27,91, Рубін (ДМС 0,01%) – 13,05. У похідних від сорту Базис (САЗ_i = 35,77) це Базис (ДМС 0,005 %)

– 28,15, від сорту Богиня ($CA3_i = 22,14$), Богиня (ДМС 0,01%) – 13,56, від сорту Ксенія ($CA3_i = 6,24$), Ксенія (ДМС 0,005 %) – 16,55, Ксенія (Д-2МУ) – 11,05. Слід відмітити, що тільки у селекційних зразків – похідних від сорту Ксенія показник специфічної адаптивної здатності перевищував такий же у стандарту.

Відносна стабільність генотипу (Sg_i) дозволяє порівнювати результати досліджень проведених на різних видах овочевих рослин та їх окремими генотипами за різних умов вирощування. По суті показник “ Sg_i ” є аналогічним коефіцієнту варіації при вивченні генотипу у різних середовищах для вирощування.

Відносну стабільність генотипу (Sg_i) за досліджуванним показником “Загальна врожайність коренеплодів” впродовж років досліджень у зразків мала широкий числовий діапазон в межах від 2,81 до 27,23 %.

У досліджуваних селекційних зразків показник відносної стабільності генотипу не перевищував того ж значення у відповідних сортів-стандартів. Такі значення є демонстрацією їх генетичної стабільності за показником “Загальна урожайність коренеплодів”.

За рівнем коефіцієнту екологічної пластичності (b_i) досліджувані селекційні зразки значно різнилися між собою.

За цим показником нейтральних ($b_i = 0$) до умов вирощування селекційних зразків не виявлено. Досить чутливими до покращення умов навколишнього середовища були 12 зразків, у яких показник пластичності коливався від 1,33 до 5,89. Серед виділених зразків за пластичністю виділено похідні форми від сорту Рубін: Рубін (ДМС 0,005%) $b_i = 5,08$; від Базису: Базис (ДМС 0,01%) $b_i = 5,89$; від Ксенії: Ксенія (ДМС – 0,005%) $b_i = 4,39$, Ксенія (Д-2МУ) $b_i = 3,65$, Ксенія (ДМУ–9А) $b_i = 3,25$

Стабільність за параметром “Загальної врожайності коренеплодів” ($b_i = 0,47–0,82$) показали у роки досліджень 5 селекційних зразків. Ці зразки не реагували на покращення умов навколишнього середовища, проте й за умов погіршення умов не знижували загальної урожайності коренеплодів. Стабільними по врожайності були зразки Ксенія (ДМУ–10А) $b_i = 0,72$, Базис (ДМУ–9А) $b_i = 0,47$.

Наявність серед досліджуваних номерів зразків з різним рівнем прояву реакції на зміну умов вирощування свідчить про широку генетичну базу під час їх добору та створення лінійного матеріалу. Таким чином, селекційні

зразки мутантного походження придатні для різнопланового використання.

Інтегральним показником, що дає змогу оцінити генотип за поєднанням продуктивності й стабільності урожаю, є селекційна цінність генотипу (SCG_i). Високі показники селекційної цінності генотипу мали селекційні зразки – похідні від сорту Рубін: Рубін (Д-3МУ) – 18,75, від сорту Богиня: Богиня (ДМС–0,005%) – 17,28, від сорту Ксенія: Ксенія (ДМУ–10А) – 17,76.

Обговорення. Таким чином, проведені трирічні дослідження 2015–2017 рр. щодо вивчення адаптивного потенціалу селекційних зразків редиски посівної, отриманих методом хімічного мутагенезу в агрокліматичній зоні Лівобережного Лісостепу України, дозволили виділити перспективні джерела для подальшої селекції.

Серед проаналізованих селекційних мутантних джерел виділилися цінні зразки Рубін (Д-3МУ), Базис (ДМУ–9А), Богиня (ДМС–0,005%), які мали, порівняно зі стандартом, кращі показники адаптивного потенціалу та вищий рівень прояву за параметром «загальна урожайність коренеплодів» ($SCG_i = 16,97 \dots 17,28$).

Стабільність за параметром «загальної врожайності коренеплодів» ($b_i = 0,47–0,82$) показали у роки досліджень 5 селекційних зразків. Це наступні зразки: Богиня (Д-2МУ), Богиня та Базис (ДМУ–9А), Ксенія (ДМУ–10А) та Богиня (ДМС–0,005%). Таким чином, обробка хімічними мутагенами не вплинула суттєво на похідні від сорту-стандарту Богиня, у порівнянні з останнім ($b_i = -1,17$).

Висновки. Проведені дослідження дозволили проаналізувати вплив хімічних мутагенів на показник “Загальної врожайності коренеплодів” редиски посівної в ряду поколінь $M_0–M_2$ та за допомогою методу дисперсійного аналізу провести всебічний аналіз екологічної стійкості створеного селекційного матеріалу і виділити перспективні мутантні джерела з високою загальною і специфічною здатністю за показником “Загальної врожайності коренеплодів”.

References

- Ahloowalia, B.S., Maluszynski, M. and Nichterlein, K. (2004) Global Impact of Mutation-Derived Varieties. *Euphytica*, 135, 187-204. <http://dx.doi.org/10.1023/B:EUPH.0000014914.85465.4f> [In English].
- An, X.L., Cai, Y.L., Wang, J.G., Wang, G.Q. and Sun, H.Y. (2013) Chemical Mutagen and Its Application on Plant Breeding. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 17, 239-242. [In English].

- Gorova, T.K., Yakovenko, K.I. (Eds). (2001). Suchasni metody selektsiyi ovochevykh i bashtannykh kultur [Modern methods of selection of vegetable and melon cultures]. Kharkiv: Osnova. 432 p. [in Ukrainian].
- Greene, E.A., Codomo, C.A., Taylor, N.E., Henikoff, J.G., Till, B.J., Reynolds, S.H., Enns, L.C., Burtner, C. and Johnson, J.E. (2003) Spectrum of Chemically Induced Mutations from a Large-Scale Reverse Genetic Screen in Arabidopsis. *Genetics*, 164, 731-740. [In English].
- Han, S.Y., Zhang, H.Y., Yang, M.L., Zhao, T.J., Gai, J.Y. and Yu, D.Y. (2007) Screening of Mutants and Construction of Mutant Population in Soybean "Nannong 86-4". *Acta Agronomica Sinica*, 33, 2059-2062 [In English].
- Hel, I.M. *Praktykum iz prykladnoi selektsii plodovykh i ovochevykh kultur. I chastyna. Ovochevi kultury.* [Workshop on applied selection of fruits and vegetables. And part of it. Vegetable crops]. Lviv, vydvo LNAU. 2014; 160 s. [in Ukrainian].
- Kilchevskiy, A.V., Horyileva, L.V. (1985). Metod otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabilnosti genotipov, differentsiruyushey sposobnosti srediy. *Genetika*. [A method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, differentiating ability of the environment. *Genetics*]. No 9. T. 21. S 1481-1490. [in Russian].
- Kim, K.H., Moon, E., Kim, S.Y., Choi, S.U., Lee, J.H. and Lee, K.R. (2014) 4-Methylthio-butanyl Derivatives from the Seeds of *Raphanus sativus* and Their Biological Evaluation on Anti-Inflammatory and Antitumor Activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 151, 503-508. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.003> [In English].
- Kravchenko, V.A., Sych, Z.D. Korniienko, S.I., Horova, T.K., Zhuk, O.Ya., Kondratenko, S.I. (2013). Seleksiia ovochevykh roslyn: teoriia i praktyka. [Vegetable Plant breeding: theory and practice]. Vinnytsia, Nilan-LTD. 364 s. [in Ukrainian].
- Litun, P.P., Kirichenko, V.V., Petrenkova, V.P. et al. (2009). Systemnyy analiz v selektsiyi polovykh kultur: Litun P.P., Kolomackaja V.P., Belkin A.A., Sadovoj A.A. *Genetika makropriznakov i selekcionno-orientirovannye geneticheskie analizy v selektsii rastenij*. Har'kov: IR im. V.Ja. Jur'eva, 2004. 134 s. [In Russian].
- Liang, R.F. and He, L.F. (2018) The Study Progress of Crop Breeding via EMS. *Seed*, 2, 47-49. [In English].
- Lu, Y., Liu, M.Y., Wang, S., Zhao, J.J., Wang, Y.H., Luo, S.X., Chen, X.P. and Shen, S.X. (2015) Effects of EMS Mutagenesis on Seed and Seedling Vigor and Phenotypic Variation of M2 Population in Chinese Cabbage. *Journal of X. M. Yu et al. OALibJ*. 5 March 2016. V. 3. *Plant Genetic Resource*. 16. 349-358. DOI:10.4236/oalib.1102420 [In English].
- Parry, M. A. Madgwick, P. J. Bayon, C. et al. (2009). Mutation discovery for crop improvement. *Journal of Experimental Botany*. V. 60. P. 2817 – 2825. [in English].
- Pivovarov, V. F., Dobrutska, E. G. (2000). *Ekologicheskiye osnovy selektsii i semenovodstva ovoshchnykh kul'tur*. [Ecological basis for breeding and seed production of vegetable crops]. Moskva. 197 p. [in Russian].
- Ruchkin, O. V. (1999). *Napryamok rozvytku vyrobnytstva ta realizatsiyi produktsiyi ovochivnytstva i bashtannytstva v Ukrayini v umovakh rynku*. [The direction of development and production of vegetable and melon products in Ukraine in the market conditions]. *Vegetables and Melons Growing*. № 44. P. 3–7. [in Ukrainian].
- Till, B.J., Cooper, J., Tai, T.H., Colowit, P., Greene, E.A., Henikoff, S. and Comai, L. (2007) Discovery of Chemically Induced Mutations in Rice by TILLING. *BMC Plant Biology*, 7, 19. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-7-19> [In English].
- Tishchenko V.N., Chekalin N.M. (2005). *Geneticheskie osnovy adaptivnoy selektsii ozimoy pshenicy v zone Lesostepi*. Selekcija ozimoy pshenicy s pomoshh'ju molekuljarno-geneticheskikh markerov [Genetic bases of adaptive breeding of winter wheat in the forest-steppe zone. Breeding of winter wheat using molecular genetic markers]. Poltava. S. 184–203. [In Russian].
- Tkachenko F.A. Selekcija ovoshchnykh i bahchevykh kul'tur na Ukrainie [Selection of vegetable and melon crops in Ukraine]. *Visnik s.-h. nauki*. 1962. № 8. S. 67. [In Russian].
- Uauy, C., Paraiso, F., Colasuonno, P., Tran, R.K., Tsai, H., Berardi, S., Comai, L. and Dubcovsky, J. (2009) A Modified TILLING Approach to Detect Induced Mutations in Tetraploid and Hexaploid Wheat. *BMC Plant Biology*, 9, 115. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-9-115> [In English].
- Varlamova, I.S. (2016) *Ekologichna stjistik': global'nij vimir ta nacional'ni realii* [Environmental sustainability: the global dimension and national realities]. *Visnik Odes'kogo nacional'nogo universitetu. Serija: Ekonomika*. T. 21, V. 7(2). S. 115-118. [in Ukrainian].
- Skljar, V. G. (2015) *Ekologichna fiziologija roslyn* [Ecological physiology of plants]: pidruchnik [red.: Ju. A. Zlobin]. Sumi: Univ. kn. 271 c. [in Ukrainian].
- Yakovenko, K.I. (Eds). (2001). *Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of experimental work in vegetable and melon]. Kharkiv: Osnova. 369 p. [in Ukrainian].
- Zhuchenko, A.A. (1988). *Adaptivnyj potencial kul'turnykh rastenij (jekologo-geneticheskie osnovy)* [Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic basis)]. Kishinev: Shtiinca, 765 s. [In Russian].