

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.16>

ВПЛИВ ДІЇ ЕПІМУТАГЕННОГО ЧИННИКА НА ПОКАЗНИКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Окселенко О.М. – к.с.-г.н.,

докторант кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Назаренко М.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Гуленко О.І. – д.філос.з агрономії,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Вагомим моментом, котрий обмежує можливості використання доз та концентрацій мутагенів через критичне зниження обсягу отриманого матеріалу є саме масова загибель. Застосували епімутаген Nonidet P-40. Насіння сортів пшениці м'якої озимої Перспектива Одеська, Соната Полтавська, Шпалівка та МІП Лада обробляли водним розчином NP-40 у концентраціях 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %. В першому поколінні вивчали схожість та виживання після зимового періоду, проходження фенофаз, рівень стерильності, проводили структурний аналіз. Загальний обсяг дослідженого матеріалу складав 20000 рослин за всіма варіантами, з них після моніторингу виживання обсяг мутантної популяції становив 18171 сім'ї. Проведений факторний аналіз дозволив встановити, що схожість та виживання залежали від генотипу зразка і зростання концентрації епімутагену. Усі дослідженні зразки показали статистично значиму віддалену загибель, це є характерною властивістю вже самої речовини – мати певну пролонговану дію, що мені властива звичайним хімічним мутагенам. Досліджені концентрації зберігалися на рівні помірних для усіх сортів. Ушкоджувальна дія в аспекті життєздатності пилку суттєво нижча, усі закономірності відповідають попереднім ознакам. Для визначення мінливості по мутагенній депресії можна використовувати такі ознаки як висоту рослин, вагу зерна з головного колосу та МТЗ. Генотипову варіативність не показала жодна ознака. Аналіз факторного простору показав, що достовірно відтворювали депресію (стимуляція відсутня) у системі чинник-сорт ознаки схожості, виживання, стерильності, висота рослин, вага зерна з колосу та МТЗ. Епімутаген NP-40 у порівнянні з більш класичними чинниками продемонстрував мутагенну депресію в діапазоні помірної дії за загальновищаної класифікації в обох сенсах (рівень не нижче 70–80 % від контролю). Рівень LD_{50} або RD_{50} не досягнутий за депресією жодної з ознак. Генотип-мутагенна взаємодія на рівні до попередньо досліджуваних чинників, що модифікують гістони, лише один сорт МІП Лада показав значимий рівень. Для фактору характерний пролонгований характер дії, котрий було також ідентифіковано для попередньо дослідженого епімутагену та нехарактерно для класичного хімічного мутагенезу. В подальшому планується вивчення спадкових змін у другому-третьому поколінні.

Ключові слова: пшениця озима, епімутаген, мутагенна депресія, перше покоління.

Okselenko O.M., Nazarenko M.M., Hulenko O.I. The influence of the effect of epimutagen factor on vitality parameters of winter wheat plants

An important point that limits the possibilities of using doses and concentrations of mutagens due to a critical decrease in the amount of material obtained is mass death. Epimutagen Nonidet P-40 was used. Seeds of bread winter wheat varieties Perspektiva Odeska, Sonata Poltavska, Shpalivka and MIP Lada were treated with an aqueous solution of NP-40 in concentrations of 0.01 %, 0.05 %, 0.1 %, 0.5 %. In the first generation, germination and survival after the winter period, the passage of phenophases, the level of sterility, and structural analysis were studied. The total amount of researched material was 20,000 plants for all variants, of which, after survival monitoring, the number of the mutant population was 18,171 families. The conducted factor analysis made it possible to establish that the similarity and survival depended on the genotype of the sample and the

growth of epimutagen concentration. All samples in the study showed statistically significant remote death, this is a characteristic property of the substance itself – to have a certain prolonged effect, which is less characteristic of ordinary chemical mutagens. The studied concentrations were kept at a moderate level for all varieties. The harmful effect in the aspect of pollen viability is significantly lower, all regularities correspond to the previous signs. To determine the variability of mutagenic depression, you can use such characteristics as plant height, grain weight from the main ear and TGW. Genotypic variability was not shown by any trait. The analysis of the factor space showed that the depression (no stimulation) was reliably reproduced in the factor-variety system by the characteristics of germination, survival, sterility, plant height, grain weight from the ear and TGW. Epimutagen NP-40, in comparison with more classical factors, demonstrated mutagenic depression in the range of moderate action according to the generally accepted classification in both senses (the level is not lower than 70–80 % of the control). The level of LD_{50} or RD_{50} is not reached for depression of any of the signs. Genotype-mutagenic interaction at the level of previously studied histone-modifying factors, only one variety MIP Lada showed a significant level. The factor is characterized by a prolonged nature of action, which was also identified for the previously studied epimutagen and is uncharacteristic for classical chemical mutagenesis. In the future, it is planned to study hereditary changes in the second-third generation.

Key words: winter wheat, epimutagen, mutagen depression, first generation.

Постановка проблеми. Прояв мутагенної депресії більш явно проходить у першому поколінні рослин, що отримали відповідну активність та є суттєвим обмежуючим чинником майбутньої мутантної популяції [1, 2]. Вагомим моментом, котрий обмежує можливості використання доз та концентрацій через критичне зниження обсягу отриманого матеріалу є саме масова загибель через ту ж саму дію [3, 4]. Суттєвими проблемами також є зниження фертильності рослин, проблеми з ранньою абортівністю зародків, віддалена загибель для озимих культур, суттєве зниження зернової продуктивності [5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з напрямів дослідження експериментального мутагенезу рослин є усунення негативних наслідків післядії чинників мутаційного процесу. Є декілька варіантів – від застосування чинників зі зниженою ушкоджувальною здатністю до використання генетично-обумовлених механізмів толерантності [8].

Подальше вивчення мутаційного процесу та ідентифікація корисних спадкових змін потребує великих обсягів мутантної популяції [7]. В нашому дослідженні, що є компліментарним до нових програм мутаційної селекції є вивчення речовин з епімутагенним механізмом дії, що переважно модифікують білкову частину хромосомного апарату та викликають таким чином спадкові епімутації [9, 10]. Дані зміни є цілком стабільними та проявляються протягом декількох поколінь, але менше призводять до суттєвих знижень життєздатності в процесі отримання [11].

Постановка завдання. Застосували епімутаген Nonidet P-40 (4-нонілфеніл-поліетиленгликоль, тут та далі по тексту – NP-40), котрі модифікують або частково пошкоджують гістони хромосом. Насіння сортів пшениці м'якої озимої Перспектива Одеська, Соната Полтавська, Шпалівка та МІП Лада обробляли водним розчином NP-40 у концентраціях 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %, контролем була вода. Кожен зразок становив 1000 зерен. Експозиція тривала 24 години.

Посів проводився вручну, на глибину 4–5 см, норма висіву 100 життєздатних насінин в рядок (довжина 1,5 м), міжряддя 0,15 м, ділянка 10 рядків, між ділянками 0,3 м. В першому поколінні вивчали схожість та виживання після зимового періоду, проходження фаз. Рівень стерильності визначали фарбуванням зразків пилку ацетокарміном (до 20 зразків з варіанту, до 500 пилкових зерен). Депресійний вплив додатково оцінювали структурним аналізом 25 типових рослин.

Досліди проводили на дослідному полі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська

область, Україна). Математико-статистичний аналіз проводили за модулями факторного та дискримінантного аналізу. В усіх випадках використовували засоби програми Statistica 10.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальний обсяг дослідженого матеріалу складав 20000 рослин за всіма варіантами, з них після моніторингу виживання обсяг мутантної популяції становив 18171 сім'ї (таблиця 1).

Таблиця 1

Дія епімутагену на онтогенез рослин ($x \pm SD$, $n = 1000$)

Сорт	Обробка	Схожість		Вживання	
		шт.	%	шт.	%
Перспектива Одеська	вода	994	99,4 ± 1,1 ^a	987	98,7 ± 1,0 ^a
	NP-40 0,01 %	948	94,8 ± 1,0 ^b	919	91,9 ± 0,9 ^b
	NP-40 0,05 %	908	90,8 ± 0,9 ^c	861	86,1 ± 0,8 ^c
	NP-40 0,1 %	854	85,4 ± 0,1 ^d	808	80,8 ± 1,0 ^d
	NP-40 0,5 %	778	77,8 ± 0,9 ^e	726	72,6 ± 1,0 ^e
Соната Полтавська	вода	997	99,7 ± 1,2 ^a	989	99,7 ± 1,0 ^a
	NP-40 0,01 %	947	94,7 ± 1,0 ^b	914	91,4 ± 0,8 ^b
	NP-40 0,05 %	901	90,1 ± 0,9 ^c	878	87,8 ± 1,0 ^c
	NP-40 0,1 %	859	85,9 ± 1,0 ^d	818	81,8 ± 0,9 ^d
	NP-40 0,5 %	816	81,6 ± 1,1 ^e	760	76,0 ± 0,8 ^e
Шпалівка	вода	991	99,1 ± 1,0 ^a	988	98,8 ± 0,8 ^a
	NP-40 0,01 %	948	94,8 ± 1,0 ^b	923	92,3 ± 0,7 ^b
	NP-40 0,05 %	907	90,7 ± 1,0 ^c	858	85,8 ± 1,1 ^c
	NP-40 0,1 %	861	86,1 ± 0,9 ^d	808	80,8 ± 0,9 ^d
	NP-40 0,5 %	805	80,5 ± 1,0 ^e	757	75,7 ± 1,1 ^e
МІП Лада	вода	997	99,7 ± 1,1 ^a	991	99,1 ± 1,1 ^a
	NP-40 0,01 %	972	97,2 ± 0,9 ^a	940	94,0 ± 0,7 ^b
	NP-40 0,05 %	939	93,9 ± 1,0 ^b	901	90,1 ± 1,0 ^c
	NP-40 0,1 %	894	89,4 ± 1,0 ^c	852	85,2 ± 1,0 ^c
	NP-40 0,5 %	855	85,5 ± 1,1 ^d	801	80,1 ± 0,9 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при P0,05

Проведений факторний аналіз дозволив встановити, що схожість та виживання залежали як від генотипу зразка ($F=52,16$; $F_{0,05}=2,76$; $P < 0,01$), так і зростання концентрації епімутагену ($F=45,42$; $F_{0,05}=3,00$; $P < 0,01$). Значимою була також і генотип-середовищна взаємодія, але в суттєво менше.

Усі дослідженні зразки показали статистично значиму віддалену загибель ($F=15,97$; $F_{0,05}=2,76$; $P < 0,01$), причому даний показник характерний для усіх сортів без відмінностей ($F=2,55$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,08$), це є характерною властивістю вже самої речовини – мати певну пролонговану дію, що менш властива звичайним хімічним мутагенам.

Показник схожості знижується зі статистичною достовірністю при кожному зростанні концентрації епімутагену, крім сорту МІП Лада між контролем та першою концентрацією ($F=2,79$; $F_{0,05}=2,85$; $P = 0,06$). По відношенню до показника виживання спостерігається та ж тенденція за мінливістю, в усіх

випадках за кожною концентрацією є статистично достовірні відмінності зі схожістю. Щодо мінливості самого показника при зростанні концентрації, то майже для всіх сортів та концентрацій спостерігалось статистично достовірне зниження, крім МПП Лада знов між другою та третьою концентраціями ($F=2,40$; $F_{0,05}=2,85$; $P = 0,07$).

При порівнянні за тестом Тьюкі зі статистичною достовірністю за характером реагування на дію NP-40 відрізнявся лише сорт МПП Лада ($F=3,98$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,03$), інші три сорти були одноманітними за генотип-епімутагенною взаємодією. Показники онтогенезу рослин пшениці озимої достовірно демонструють зростання концентрації чинника, тобто вони підібрані в досліді контрастно. Немає варіантів, при дії котрих агент призвів до зниження до рівня ЛД₅₀, або РД₅₀ (зменшення наполовину показника по відношенню до контролю). Найвищий прояв депресії у параметру становив на менш 70 % від контролю (Перспектива Одеська), найвищу толерантність показав сорт МПП Лада, для котрого рівень зниження залишився не більше 80 %, досліджені концентрації зберігалися на рівні помірних для усіх сортів (70–80 %).

Крім загибелі суттєвою перешкодою є підвищення стерильність мутантної популяції (таблиця 2). Дія NP-40 не є виключенням, але ушкоджувальна дія в аспекті життєздатності пилку суттєво нижча. Показник значимо відображає підвищення концентрації мутагену ($F=67,17$; $F_{0,05}=2,55$; $P < 0,01$) та залежить від генотипу ($F=7,12$; $F_{0,05}=3,07$; $P = 0,01$), як і показники схожості та виживання. При попарному порівнянні ($F=5,19$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,01$) виділилися дві пари сортів, між котрими не було суттєвої різниці – більш толерантні до дії Соната Полтавська та МПП Лада та більш уразливі Шпалівка та Перспектива Одеська

Для сорту МПП Лада не було різниці між контролем та першою концентрацією ($F=2,67$; $F_{0,05}=2,98$; $P = 0,07$), для усіх інших генотипів різниця з підвищенням кожної концентрації була достовірною, але загалом за дією параметр залишався на рівні характерному для помірних концентрацій (70–80 % від контролю).

Таблиця 2

Зниження фертильності за дії епімутагену ($x \pm SD$, $n = 20$)

Сорт	Контроль	NP-40 0,01 %	NP-40 0,05 %	NP-40 0,1 %	NP-40 0,5 %
Перспектива Одеська	98,2 ± 0,7 ^a	96,1 ± 0,8 ^a	90,9 ± 0,7 ^b	85,3 ± 0,9 ^c	79,8 ± 0,7 ^d
Соната Полтавська	97,4 ± 0,5 ^a	94,1 ± 1,0 ^b	90,5 ± 0,8 ^c	85,4 ± 0,6 ^d	81,0 ± 0,8 ^c
Шпалівка	98,2 ± 0,7 ^a	92,1 ± 1,1 ^b	87,3 ± 0,6 ^c	84,2 ± 0,6 ^d	78,1 ± 0,5 ^c
МПП Лада	98,3 ± 0,6 ^a	96,7 ± 1,2 ^a	91,3 ± 0,7 ^b	86,9 ± 1,0 ^c	82,3 ± 0,7 ^d

Примітка: різниця статистично достовірною за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P0,05$

При дослідженні депресії за структурою врожайності (таблиця 3) наведено лише середньо- (озерненість головного колосу) та високоваріативні ознаки (висота рослин, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен).

Ознака висоти рослини значимо знижувалась з кожним зростанням концентрації для усіх сортів ($F=41,39$; $F_{0,05}=2,35$; $P < 0,01$), специфіка за генотипом була відсутня ($F=2,17$; $F_{0,05}=2,44$; $P = 0,06$). Жоден сорт при попарному порівнянні не

виділився, концентрації ефектом зі зниження ознаки можна класифікувати як помірні. Ознака кількості зерен варіювали набагато слабше, вплив зростання концентрації все ж таки достовірний ($F=4,16$; $F_{0,05}=2,35$; $P = 0,02$), фактично різниця починає проявлятися лише при дії третьої-четвертої концентрацій.

Таблиця 3
Ідентифікація епімутагенних ефектів по структурі врожайності
($x \pm SD$, $n = 25-30$)

Сорт	Варіант	Висота, см.	Кількість зерен, шт	Вага зерна, г.		МТЗ, г.
				з колосу	з рослини	
Перспектива Одеська	вода	92,2 ^a	33,0 ^a	1,47 ^a	3,34 ^a	45,9 ^a
	NP-40 0,01 %	90,0 ^b	32,0 ^a	1,29 ^b	3,19 ^a	42,3 ^b
	NP-40 0,05 %	86,9 ^c	31,0 ^a	0,19 ^b	2,81 ^b	40,4 ^c
	NP-40 0,1 %	82,5 ^d	27,0 ^b	1,03 ^d	2,72 ^b	37,1 ^d
	NP-40 0,5 %	79,3 ^e	26,0 ^b	0,82 ^c	2,31 ^c	36,4 ^e
Соната Полтавська	вода	93,2 ^a	41,0 ^a	1,86 ^a	4,01 ^a	54,1 ^a
	NP-40 0,01 %	90,2 ^b	37,0 ^b	1,60 ^b	3,80 ^b	51,0 ^b
	NP-40 0,05 %	87,3 ^c	37,0 ^b	1,47 ^b	3,61 ^b	48,2 ^c
	NP-40 0,1 %	84,0 ^d	34,0 ^b	1,18 ^c	3,09 ^c	46,3 ^d
	NP-40 0,5 %	79,1 ^e	32,0 ^{bc}	0,93 ^d	2,79 ^d	44,1 ^e
Шпалівка	вода	98,2 ^a	37,0 ^a	1,52 ^a	4,11 ^a	48,4 ^a
	NP-40 0,01 %	95,0 ^b	34,0 ^b	1,25 ^b	3,90 ^b	46,3 ^b
	NP-40 0,05 %	91,2 ^c	32,0 ^{bc}	1,14 ^b	3,73 ^b	44,1 ^c
	NP-40 0,1 %	85,7 ^d	32,0 ^{bc}	0,97 ^c	3,41 ^c	41,2 ^d
	NP-40 0,5 %	82,1 ^e	28,0 ^c	0,81 ^c	3,04 ^d	39,1 ^e
МІП Лада	вода	111,1 ^a	39,0 ^a	1,53 ^a	3,91 ^a	47,9 ^a
	NP-40 0,01 %	105,1 ^b	38,0 ^a	1,40 ^b	3,69 ^a	45,7 ^b
	NP-40 0,05 %	100,2 ^c	37,0 ^a	1,17 ^c	3,45 ^b	43,8 ^c
	NP-40 0,1 %	95,0 ^d	35,0 ^a	1,01 ^d	3,09 ^c	41,9 ^d
	NP-40 0,5 %	88,1 ^e	30,0 ^b	0,82 ^c	2,61 ^d	39,1 ^e

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P0,05$

Показник ваги зерна з головного колосу знов достовірно відтворює кожне зростання концентрації за виключенням Соната Полтавської ($F=2,97$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$) та Шпалівки ($F=2,98$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$), у котрих немає різниці між першою та другою концентраціями. Щодо ваги зерна з рослини, то вона менш варіативна. Для сорту Перспектива Одеська немає різниці між контролем і першою ($F=2,77$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,07$), другою та третьою концентраціями ($F=2,99$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$), у сорту Шпалівка між другою та третьою концентраціями ($F=2,94$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$), у сорту Соната Полтавська між другою та третьою ($F=2,92$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$) та МІП Лада між контролем і першою концентрацією ($F=3,08$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$). Обидві ознаки демонструють помірність застосованих концентрацій.

Параметр МТЗ як ознака знижується при дії кожної концентрації NP-40 з її підвищенням, для усіх сортів ($F=51,34$; $F_{0,05}=2,35$; $P < 0,01$), різниця між сортами була відсутня ($F=2,05$; $F_{0,05}=2,44$; $P = 0,07$). Таким чином, можна використовувати

визначення мінливості по мутагенній депресії такі ознаки як висоту рослин, вагу зерна з головного колосу та МТЗ. Генотипову варіативність не показала жодна ознака.

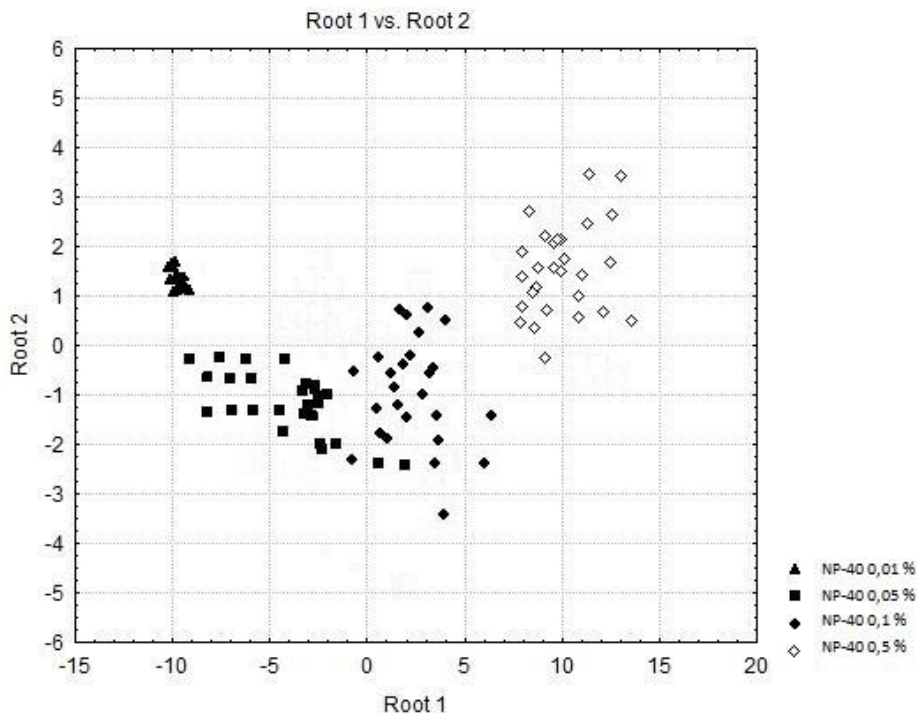


Рис. 1. Відмінності в дії за активністю епімутагену.

Аналіз факторного простору щодо класифікації отриманих об'єктів епімутагенної активності (Рис. 1) показав, що диференціюються за дією усі концентрації агенту, з деякими невизначеностями щодо другої та третьої концентрацій, але здатність у групуванні показує, що з підвищенням концентрації агенту зростає варіативність групи у її реакції. Це не може бути генетична різноманітність або різні рівні модифікації гістонів через однорідність вихідного матеріалу. Більш вірогідним є припущення специфічності взаємодії за окремими класами.

Аналіз також показав, що достовірно відтворювали депресію (стимуляція відсутня) у системі чинник-сорт ознаки схожості, виживання, стерильності, висота рослин, вага зерна з колосу та МТЗ (таблиця 4).

За результатами аналізу вагомими були параметри схожості, виживання, фертильності, висоти рослини, ваги зерна з головного колосу та МТЗ. В деяких випадках достовірним є використання ваги зерна з рослини.

Висновки і пропозиції. Епімутаген NP-40 у порівнянні з більш класичними чинниками продемонстрував мутагенну депресію в діапазоні помірної дії за загально визнаної класифікації в обох сенсах (рівень не нижче 70–80 % від контролю). Рівень LD_{50} або RD_{50} не досягнутий за депресією жодної з ознак.

Генотип-мутагенна взаємодія на рівні до попередньо досліджуваних чинників, що модифікують гістони, лише один сорт МПП Лада показав значимий рівень. Для фактору характерний пролонгований характер дії, котрий було також ідентифіковано для попередньо дослідженого епімутагену та нехарактерно для класичного хімічного мутагенезу. В подальшому планується вивчення спадкових змін у другому-третьому поколінні.

Таблиця 4

Результати дискримінантного аналізу за даними епімутагенної депресії

Зміни в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (4,00)	p-level
Схожість, шт.	0,42	16,13	<0,01
Виживання, шт.	0,42	16,41	<0,01
Фертильність, %	0,58	20,21	<0,01
Висота, см	0,41	15,33	<0,01
Загальна кущистість	0,01	0,67	0,20
Продуктивна кущистість	0,01	0,59	0,20
Довжина головного колосу	0,01	0,48	0,21
Кількість колосків	0,02	0,99	0,19
Зерна з головного колосу	0,11	3,88	0,06
Вага зерна з головного колосу	0,29	9,87	<0,01
Вага зерна з рослини	0,22	5,01	0,02
МТЗ	0,57	20,23	<0,01

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abdoun A., Mekki L., Hamwiah A., Badr A. Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta agriculturae Slovenica*. 2022. 118(2). P. 1–16.
2. Abdel-Hamed A., El-Sheikh Aly M., Saber S. Effect of some mutagens for induced mutation and detected variation by SSR marker in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Archives of Agricultural Sciences*. 2021. 4(2). P. 80–92.
3. Ariraman M., Dhanavel D., Seetharaman N., Murugan S., Ramkumar R. Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus cajan* (L.) MILLSP. *Journal of Plant Stress Physiology*. 2018. 4. P. 38–40.
4. Bezie Y., Tilahun T., Atnaf M., Taye M. The potential applications of site-directed mutagenesis for crop improvement: A review. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2020. 24. P. 229–244.
5. Lal R., Chanotiya C., Gupta P. Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and aromatic crops at CSIR-CIMAP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. *International Journal of Radiation Biology*. 96(12). (2020). P. 1513–1527.
6. Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*. 2021. 1(1). P. 29–34.
7. Nazarenko M., Izhboldin O., Izhboldina O. Study of variability of winter wheat varieties and lines in terms of winter hardiness and drought resistance. *AgroLife Scientific Journal*. 11(2). (2022). P. 116–123.
8. OlaOlorun B., Shimelis H., Mathew I. Variability and selection among mutant families of wheat for biomass allocation, yield and yield-related traits under drought

stressed and non-stressed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*. 2021. 207. P. 404–421.

9. Ram H., Soni P., Salvi P., Gandass N., Sharma A., Kaur A., Sharma T. Insertional mutagenesis approaches and their use in rice for functional genomics. *Plants*. 2019. 8. 310.

10. Shabani M., Alemzadeh A., Nakhoda B., Razi H., Houshmandpanah Z., Hildebrand D., Optimized gamma radiation produces physio-logical and morphological changes that improve seed yield in wheat. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. (2022). 28(8). P. 1571–1586.

11. Yali W., Mitiku T. Mutation breeding and its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*. 2022. 10. P. 64–70.

UDC 632.4: 633.88

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.17>

PECULIARITIES OF PEPPERMINT RUST (*PUCCINIA MENTHAE* PERS.)

Poberezhskiy O.R. – Postgraduate of V.F. Peresykin Department of Phytopathology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Peppermint is one of the most important and valuable crops among medicinal plants. However, the productivity of peppermint is reduced due to its diseases. The most damaging disease of peppermint is rust. The causative agent of the disease *Puccinia menthae* Pers. belongs to the class Basidiomycota, family Pucciniaceae, genus *Puccinia*.

The study of the features of the development of rust and the development of systems of protective measures are of great importance in the conditions of intensive peppermint cultivation technology and are a radical way to improve the quality of medicinal raw materials.

In order to study the features of the development of the rust pathogen, the monitoring of peppermint rust of the Chornolysta variety was carried out during the growing season of the plants in 2021–2023 at the experimental plots "Demonstration Field" of the Department of Plant Breeding of the NULES of Ukraine for the presence of external symptoms of damage.

The phenology of the pathogen was investigated, the conditions under which spores of the pathogen are formed and the source of infection were determined.

During the phytopathological assessment of plants affected by rust, the degree of its development was determined using a unified scale.

Records of damage to peppermint by rust were carried out during the growing season of the plants. Before the first cutting, we recorded the following phases: emergence of shoots, full emergence, emergence of new leaves, full branching, full budding, beginning of flowering. During the regrowth of plants on the second cutting, diseases were recorded in the phase of full branching and full budding.

Our long-term observations have established that the disease, as a rule, appears on peppermint from the third decade of May, in the phase of the appearance of new leaves. Thus, the spread of rust at the beginning of the plant growing season ranged from 3.3% in 2021 to 5.7% in 2023, while the development of the disease had a similar trend and was 0.8% and 1.2%, respectively.

The disease reached its maximum development in the second decade of July at the beginning of flowering, before the first cutting of peppermint for raw materials. These indicators were spread from 7.6% to 24%, development from 1.5% to 6.8%. In a comparison of the readings for 2021 and 2023, the spread and development of the disease increased by 2–4 times.

The tendency to increase the spread and development of the disease was noted by us during the second mowing of peppermint. Compared to previous years, in 2021, the spread of the disease in the second decade of September in the phase of full branching was 8.4%, the same indicator
