

УДК 575.224.4:504.5

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ *TRITICUM AESTIVUM* L. ЗА УМОВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ПЕСТИЦИДАМИ Й ТОКСИЧНИМИ ВІДХОДАМИ

© 2016 р. Р. А. Якимчук

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини

(Умань, Черкаська обл., Україна)

Досліджено мутаційну мінливість озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.), спричинювану впливом забруднень ґрунту забороненими і непридатними до використання пестицидами й токсичними відходами. Встановлено, що рівень видимих мутацій в 3,4-5,6 раза перевищує контрольні показники. Забруднення ґрунту залишками хлороорганічних пестицидів у місцях їх тривалого застосування та складування індукує зростання частоти видимих мутацій в 3,8-4,1 раза. Мутагенна активність забруднень ґрунту полігону захоронення токсичних відходів у м. Калуш в 5,6 раза перевищує показники контролю. Рівень мутацій на рекультивованих площах полігону в 3,4 раза перевищує контроль. Спектр мутацій, спричинених забрудненням ґрунту пестицидами, включає форми середньоранні, з довгим, щільним, нещільним, циліндричним, скверхедним, напівостистим, безостим колосом. Виявлені напівкарликові та карликові мутанти можуть використовуватись як біоіндикатори забруднення ґрунту хлороорганічними пестицидами та хлоровмісними токсичними відходами.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., видимі мутації, забруднення пестицидами, мутагенна активність, генетичні наслідки забруднення

Унаслідок антропогенної діяльності у навколишньому середовищі накопичуються хімічні сполуки, здатні спричиняти мутаційні зміни у живих організмів. Ґрунт, адсорбуючи переважну їх більшість, зберігає в собі інформацію про фізико-хімічні зміни навколишнього середовища за весь період техногенезу. Для сільськогосподарських районів характерними антропогенними забруднювачами ґрунтів є пестициди й мінеральні добрива. Щорічні надходження їх на поля України перевищують 90 тис. тонн і 4,5 млн. тонн, відповідно. Із 170 найменувань пестицидів, які використовуються в Україні, 49 є особливо небезпечними (Когутницький, 2005), здатними підвищувати рівень мутабільності сільськогосподарських рослин, тварин і людини, викликати стерильність і втрату типовості сортів рослин (Shumann, 1988; Моргун и др., 1995).

Більшість досліджень зводяться в основному до моніторингу та встановлення величин концентрації полютантів у ґрунті, воді й проду-

ктах харчування (Бондар та ін., 2001; Швидь та ін., 2010; Петрук та ін., 2013). Зважаючи на те, що хлороорганічні пестициди мають надкумулятивну активність (період напіввиведення з організму сягає від 5 до 15 років) та, як наслідок, здатні змінювати імунологічний статус живих організмів, виявляють мутагенну й тератогенну дію (Майстренко, 2001), слід приділяти особливу увагу їх токсикологічній небезпеці на генетичному рівні (Черв'якова та ін., 2003). І якщо антропогенно індуковані зміни, що виникають на рівні екосистем, окремих біоценозів, або пов'язані зі зникненням представників природної фауни і флори, скороченням щільності генфонду окремих видів і популяцій, виявляються відразу і можуть ефективно рееструватись за допомогою контактних чи дистанційних методів, то зміни, що виникають на клітинному й молекулярному рівнях і викликані пошкодженням генетичних структур, можуть проявлятися значно пізніше, іноді в наступних поколіннях (Мамедова, 2009). Це ставить питання про доцільність проведення моніторингових досліджень територій розміщення сховищ непридатних пестицидів і токсичних відходів, що дозволить дати адекватну оцінку генетичних

Адреса для кореспонденції: Якимчук Руслан Андрійович, Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., 20300, Україна;
e-mail: peoplenature@rambler.ru

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ *TRITICUM AESTIVUM L.*

Таблиця 1. Концентрації хімічних забруднювачів у пробах ґрунту (мг/кг)

Хімічна сполука	ГДК (у ґрунті)	Місце розташування сховища та концентрація пестицидів у ґрунті			
		с. Джурин Вінницька обл.	ст. «Затишшя» Одеська обл.	Полігон «Оріана Галев», м. Калуш	Рекультивована ді- лянка полігону «Оріана Галев», м. Калуш
ГХЦГ-α	0,1	-	0,22	-	-
ГХЦГ-β	0,1	-	6,20	-	-
ГХЦГ-γ	0,1	-	1,39	-	-
ГХЦГ-δ	0,1	-	0,60	-	-
ГХЦГ-ε	0,1	-	0,86	-	-
2,4'-ДДЕ	0,1	-	89,38	-	-
4,4'-ДДЕ	0,1	1,82	14,21	-	-
2,4'-ДДД	0,1	3,10	2220,60	-	-
4,4'-ДДТ	0,1	38,0	122,91	-	-
Σ 4,4'-ДДД, 2,4'-ДДТ	0,1	178,4	130,56	-	-
Трифлуралін	0,1	-	0,06	-	-
Гексахлорбензол	0,03	-	0,70	550,5	292,0
Прометрин	0,5	-	0,85	-	-
Симазин	0,01	-	0,18	-	-
Атразин	0,01	-	2,88	-	-
Метолахлор	0,02	-	4,93	-	-

ризиків для живих організмів, у тому числі й людини.

З метою вивчення мутагенної активності полютантів ґрунту сховищ заборонених і непридатних до використання пестицидів та полігону токсичних відходів у м. Калуш, було проведено аналіз частоти і спектра видимих мутацій у озимій пшениці, вирощеної на даних територіях.

МЕТОДИКА

Для вивчення мутагенної активності хімічних забруднень ґрунту територій розміщення сховищ пестицидів рослини озимій пшениці (*Triticum aestivum L.*) сортів Альбатрос одеський і Зимоярка вирощено у 2012-2013 рр. у таких місцях складування і зберігання заборонених чи непридатних до використання отрутохімікатів: с. Джурин Шаргородського р-ну Вінницької обл., де зберігається 1023,7 т непридатних пестицидів, що складає 1/10 частину усіх непридатних отрутохімікатів України; за 5 км від станції «Затишшя» Ширяївського р-ну Одеської обл., де зберігається 250 т отрутохімікатів, які зазнали вибуху після перезатарування; старий яблуневий сад Інституту зрошувального садівництва ім. М.Ф. Сидоренка НААН України (м. Мелітополь), де вміст сумарних залишкових кількостей ДДТ (дихлордифенілтрихлорметилметану) на рівні 1,0 ГДК, а максимальний вміст перевищує ГДК в 5,4 раза; вапняковий кар'єр «Алгестове» (с. Алгестове Біляївського р-ну Одеської обл.), де зберігається найбі-

льша кількість ДДТ – 800 т; полігон токсичних відходів ТОВ «Оріана Галев» у м. Калуш – найбільше у Європі сховище токсичних відходів I класу небезпеки (Національна доповідь ..., 2011). За контроль взято територію дослідного господарства Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (смт Глеваха Васильківського р-ну Київської обл.), де протягом багатьох років вивчається спонтанний рівень мутаційної мінливості рослин озимій пшениці.

Перше покоління рослин (M₁) вирощували на забруднених територіях суцільним посівом. Рослини поколінь M₂ і M₃ вирощували чітко родинами, що давало можливість виявляти макро- і мікромутації та здійснювати їх коректний облік. Родиною вважали групу рослин, отриманих з насіння одного колоса. Різними випадками мутування вважали рослини, що фенотипно відрізнялись від вихідної форми в межах однієї родини. Рослини зі зміненими ознаками виділяли ретельним оглядом усіх родин під час проходження ними основних фаз росту і розвитку. Частоту і спектр мутантних форм визначали лише з покоління M₃ після перевірки успадкування змінених ознак за відношенням кількості родин із мутантними рослинами до вивчених родин покоління M₂.

Аналіз концентрацій отрутохімікатів у ґрунті проведено в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування згідно з методикою РМ.ВМП.5.4-02 «Вимі-

Таблиця 2. Частота мутацій озимої пшениці (M₂-M₃), вирощеної в умовах забруднення ґрунту пестицидами й токсичними відходами (2012-2013 рр.)

Варіант впливу	Кількість вивчених родин, шт.	Кількість мутантних родин, шт.	Частота мутантних родин, %
<i>Альбатрос одеський</i>			
с/т Глеваха (контроль)	506	5	0,99±0,44
Сховище, с. Джурин	523	28	5,35±0,98*
Полігон ТОВ «Оріана Галев», м. Калуш	490	27	5,51±1,03*
Рекультивована ділянка полігону ТОВ «Оріана Галев», м. Калуш	512	17	3,32±0,79*
с/т Глеваха (контроль)	494	4	0,81±0,40
Яблуневий сад, м. Мелітополь	259	8	3,09±1,08*
<i>Зимоярка</i>			
с/т Глеваха (контроль)	522	4	0,77±0,38
Яблуневий сад, м. Мелітополь	400	12	3,00±0,85*
Вапняковий кар'єр «Алтестове»	503	16	3,18±0,78*
Санітарна зона сховища, с. Джурин	194	5	2,58±1,14
Санітарна зона сховища біля ст. «Затишся»	287	9	3,83±1,13*

Примітка. * – різниця відносно контролю статистично достовірна за $P \leq 0,05$.

рування масової частки залишкових кількостей пестицидів у ґрунті» (табл. 1).

Математичну обробку даних та кореляційний аналіз проводили за загальноприйнятими методиками (Доспехов, 1985; Лакин, 1990). Достовірність різниці між середніми дослідних варіантів і контролю оцінювали за критерієм Ст'юдента і Фішера. У таблицях наведені середні арифметичні та їх стандартні похибки.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

При вивченні частоти видимих мутацій рослин озимої пшениці, перше покоління якої вирощено на територіях сховищ непридатних пестицидів та токсичних відходів, встановлено, що рівень мутаційної мінливості у поколіннях M₂-M₃ значно перевищував контрольні показники. Так, забруднення ґрунту сховища в межах с. Джурин, куди у 80-х роках було звезено непридатні до використання отрутохімікати з дев'яти областей України (Волинської, Івано-Франківської, Житомирської, Закарпатської, Львівської, Рівненської, Тернопільської, Хмельницької, Вінницької), спричинило у рослин сорту Альбатрос одеський зростання частоти видимих мутацій порівняно з показниками контролю (0,99 ± 0,44%) в 5,4 раза (табл. 2). Не дотримання належних правил безпеки при складуванні й зберіганні отрутохімікатів призвело до їх проникнення у верхні шари ґрунту та поширення за межі території сховища. Свідченням цього є підвищений рівень мутаційної мін-

ливості рослин сорту Зимоярка, вирощених у його санітарній зоні. Частота видимих мутацій статистично достовірно перевищувала показники контролю (0,77 ± 0,38%) майже в 3,4 раза і складала 2,58 ± 1,14%.

Вивчення мутагенної активності залишків пестицидів безпосередньо на території сховища поблизу станції «Затишся» унеможливив факт наявного суцільного гідроізоляційного твердого покриття ґрунту. Однак це, в свою чергу, сприяло поширенню непридатних до використання пестицидів з водними стоками за межі території сховища. Про наявність забруднення поллютантами ґрунту прилеглої санітарної зони свідчить підвищений рівень мутацій озимої пшениці сорту Зимоярка, який становив 3,83 ± 1,13% та перевищував частоту мутацій у контролі в 5 разів. Таким чином, забруднювачі ґрунту сховищ заборонених і непридатних до використання пестицидів та прилеглих до них територій здатні підвищувати рівень мутаційної мінливості живих організмів та, як наслідок, можуть в подальшому призводити до порушення генетичної стабільності природних популяцій.

На особливу увагу заслуговує вивчення генетичних наслідків забруднення ґрунту ДДТ в яблуневому саду Інституту зрошуваного садівництва ім. М.Ф. Сидоренка НААН України та вапнякового кар'єру «Алтестове». Адже серед виявлених продуктів розпаду ДДТ найбільш небезпечні дихлордифенілетилен (ДДЕ) і дих-

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ TRITICUM AESTIVUM L.

Таблиця 3. Спектр видимих мутацій озимої пшениці (M₂-M₃) сорту Альбатрос одеський, вирощеної в умовах забруднення ґрунту пестицидами й токсичними відходами (2012-2013 рр.)

Варіант впливу	Типи мутацій, %									
	ВР	НР	ІР	ДК	КК	ЩК	НК	ЦК	СК	ВВП
сmt Глеваха (контроль)	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Сховище, с. Джурин	2,49*	0,57	0,96*	0,38	0,77	0,00	0,00	0,38	0,96*	1,15*
Сховище ТОВ «Оріана Галев», м. Калуш	2,04*	1,23	0,41	0,61	0,20	0,41	0,00	0,82*	1,43*	0,00
Рекультивована ділянка сховища ТОВ«Оріана Галев», м. Калуш	1,37	0,20	1,17*	0,39	0,39	0,20	0,98*	0,20	0,00	0,59
сmt Глеваха (контроль)	0,61	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Яблуневий сад, м. Мелітополь	1,16	0,39	0,39	0,39	0,00	0,39	0,39	0,39	0,77	0,00

Примітки. ВР – високоросла, НР – низькоросла, ІР – інтенсивний ріст, КК – короткий колос; ЩК – щільний колос, НК – нещільний колос; ЦК – циліндричний колос, СК – скверхедний колос, ВВП – відсутність воскової поволоки.
* – різниця відносно контролю статистично достовірна за $P \leq 0,05$.

Таблиця 4. Спектр видимих мутацій озимої пшениці (M₂-M₃) сорту Зимоярка, вирощеної в умовах забруднення ґрунту пестицидами й токсичними відходами (2012-2013 рр.)

Варіант впливу	Типи мутацій, %							
	ВР	НР	ІР	СР	ПС	ДК	НК	НоК
сmt Глеваха (контроль)	0,19	0,00	0,19	0,19	0,00	0,19	0,00	0,19
Яблуневий сад, м. Мелітополь	1,25	1,25	0,50	0,00	1,00*	0,00	0,50	1,00
Вапняковий кар'єр «Алтестове»	0,99	0,80*	0,80	0,99	0,40	0,60	0,99*	0,00
Санітарна зона сховища, с. Джурин	1,55	0,52	1,55	1,03	0,52	0,00	0,00	0,00
Санітарна зона сховища біля ст. «Затишшя»	0,70	1,05	0,70	0,35	1,05	0,35	1,05	0,35

Примітки. ВР – високоросла, НР – низькоросла, ІР – інтенсивний ріст, СР – середньорання; ПС – пізньостигла, ДК – довгий колос; НК – нещільний колос, НоК – напівостистий колос.
* – різниця відносно контролю статистично достовірна за $P \leq 0,05$.

лордифенілдіхлоретан (ДДД). За показниками токсичності ДДТ, ДДЕ і ДДД близькі (І клас небезпеки), однак метаболіт ДДЕ стабільніший, ніж ДДТ. Особливістю ДДД є його висока хронічна токсичність. Варто також зазначити, що ДДТ і його метаболіти негативно впливають на репродуктивну систему (Мельникова и др., 2003). Рівень видимих мутацій у рослин M₂-M₃ сортів Альбатрос одеський і Зимоярка, що зазнали в поколінні M₁ впливу забруднень ґрунту яблуневого саду, перевищував контроль (0,81 ± 0,40% та 0,77 ± 0,38%) в 3,8 та 3,9 раза, складаючи відповідно 3,09 ± 1,08% і 3,00 ± 0,85%. Суттєві мутаційні зміни виявлено і у наступних поколіннях рослин, вирощених на території відпрацьованого кар'єру «Алтестове». Так у рослин M₂-M₃ озимої пшениці сорту Зимоярка помічено суттєве зростання частоти видимих мутацій, що перевищувала їх рівень у контролі в 4,1 раза та складала 3,18 ± 0,78%. Залишки хло-

рганічних пестицидів у ґрунті не мають властивості розкладатися до безпечних речовин, а лише можуть розподілятися завдяки природним та біологічним процесам. Тому можна припустити можливість активного поширення залишків забруднення ДДТ на значні відстані від основних об'єктів його виявлення. А беручи до уваги те, що заходи із запобігання використанню сільськогосподарської продукції з території саду практично не вживаються, слід очікувати можливість безпосереднього потрапляння хлорганічних пестицидів до організму людини та подальшого виникнення генетичних порушень.

При вивченні мутагенної активності забруднення ґрунту полігону токсичних відходів ТОВ «Оріана Галев» (м. Кулуш) в місці захоронення гексахлорбензолу та на рекультивованій ділянці встановлено, що частота видимих му-



Рис. 1. Мутації за морфологією колоса сорту Зимоярка.

1 – вихідна форма; 2 – напівостистий колос; 3 – нещільний колос; 4 – довгий колос; 5 – скверхедний напівостистий колос.

тацій у поколіннях M_2 - M_3 рослин озимої пшениці сорту Альбатрос одеський статистично достовірно перевищувала спонтанний рівень мутацій в смт Глеваха Васильківського р-ну Київської обл. Так, за умов вирощування першого покоління рослин на території зберігання токсичних відходів, частота мутацій складала $5,51 \pm 1,03\%$, що в 5,6 раза перевищувало контрольні показники. Залишки гексахлорбензолу, виявленого в ґрунтах рекультивованих площ сховища, продовжували зберігати мутагенні властивості. Про це свідчить високий рівень ($3,32 \pm 0,79\%$) видимих мутацій у рослин M_2 - M_3 , який перевищував контроль в 3,4 раза. І хоча показник частоти видимих мутацій на рекультивованій ділянці поступався за величиною частоті мутацій, індукованих забрудненням ґрунту території захоронення гексахлорбензолу, однак статистично достовірної різниці не відзначено.

Спектр мутацій включав такі типи: 1) високоросла, 2) низькоросла, 3) напівкарлик, 4) карлик, 5) інтенсивний ріст, 6) ранньостигла, 7) середньорання, 8) пізньостигла, 9) довгий колос, 10) короткий колос, 11) крупний колос, 12) щільний колос, 13) нещільний колос, 14) циліндричний колос, 15) скверхедний колос, 16) безостий колос, 17) напівостистий колос, 18) антоціанові ості, 19) деформовані ості, 20) широкий листок, 21) вузький листок, 22) еректоїдний листок, 23) гафрований листок, 24) відсутність воскової поволоки. Він вирізнявся низкою спадкових змін, які були виявлені за всіх випадків впливів забруднень ґрунту пестицидами і токсичними відходами. Серед них форми високорослі, низькорослі, з інтенсивним ростом та

пізніми строками дозрівання. Частота їх варіювала в широких межах і складала для сорту Альбатрос одеський 0,40-2,49%, 0,20-1,23%, 0,39-1,17% і 0,38-0,77% (табл. 3) та для сорту Зимоярка 0,19-1,55%, 0,52-1,25%, 0,19-1,55% і 0,40-1,05% (табл. 4), відповідно. Найбільша кількість типів мутацій викликана умовами зростання рослин пшениці сорту Альбатрос одеський на території полігону токсичних відходів м. Калуш (17 мутантних типів) та сорту Зимоярка у яблуневому саду м. Мелітополя (14 мутантних типів). Широким спектром мутаційних змін характеризувалися рослини сорту Альбатрос одеський, які зростали в умовах забруднень хімічного сховища с. Джурин (15 мутантних типів) і рекультивованої ділянки полігону токсичних відходів м. Калуш (14 мутантних типів) та сорту Зимоярка, що зазнали хронічного впливу забруднень ґрунту вапнякового кар'єру «Алгестове» (10 мутантних типів) і санітарної зони сховища біля станції «Затишшя» (12 мутантних типів). Кількість типів мутацій, індукованих умовами зростання пшениці в санітарній зоні сховища с. Джурин (5 мутантних типів), були на рівні контролю. Окремі мутації виявлено з частотою, що суттєво перевищувала контрольні показники. Так, забруднення ґрунту території сховища с. Джурин індукувало у рослин сорту Альбатрос одеський 0,96% форм з скверхедним колосом, 1,15% – з відсутністю воскової поволоки. Виникнення мутацій нещільний, циліндричний, скверхедний колос з частотою 0,98, 0,82 і 1,43% пов'язано із забрудненням ґрунту полігону токсичних відходів гексахлорбензолом. Індукування мутації нещільний колос, спричинене забрудненнями ґрунтів ДДТ вапня-



Рис. 2. Мутації за морфологією колоса сорту Альбатрос одеський.

1 – вихідна форма; 2 – скверхедний колос; 3 – скверхедний напівостистий колос; 4 – скверхедний безостий колос; 5 – короткий колос, деформовані ості.



Рис. 3. Мутації за остистістю колоса сорту Альбатрос одеський.

1 – вихідна форма; 2 – напівостистий колос; 3 – безостий колос.

кового кар'єру «Алгестове», у рослин сорту Зимоярка виявлялося з частотою 0,99%, що статистично достовірно перевищувало контроль. Серед типів мутацій виявлено типові, які виникали з порівняно невисокою частотою, але характеризували реакцію геному пшениці на дію хімічного забруднення ґрунту. До них належать середньоранні форми, довгий, щільний, нещільний (рис. 1), циліндричний, скверхедний (рис. 2), напівостистий, безостистий колос (рис. 3). Серед мутацій виявлено такі, що зустрічалися досить рідко або поодинокі: крупний колос, антоціанові, деформовані ості (рис. 2), широкий, вузький, еректоїдний, гофрований листок, ранньостиглі форми.

Увагу привертають мутації, пов'язані зі зменшенням довжини стебла, зокрема напівкарликові і карликові форми. Вони дуже рідкісні при спонтанному мутагенезі та, за попередніми

дослідженнями академіка НАН України В.В. Моргуна (2010), виявилися типовими за умов радіонуклідного забруднення в результаті аварії на ЧАЕС. Аналіз спектра типів мутацій, індукованих забрудненням ґрунту сховищ свідчить, що поява напівкарликових та карликових мутантів з частотою 0,20-0,41% і 0,20-0,39% у сорту Альбатрос одеський та напівкарликових мутантів з частотою 0,25% у сорту Зимоярка пов'язана із вирощуванням озимої пшениці в умовах забруднень територій полігону токсичних відходів м. Калущ та яблуневого саду м. Мелітополь. Таким чином, зазначені мутації можуть використовуватись як біоіндикатори забруднення ґрунту хлороорганічними пестицидами та хлоровмісними токсичними відходами.

Серед родин M_2 було виявлено такі, що включали рослини з комплексними мутаціями, або ж групу рослин з мутаціями різних типів.

Зокрема, родини сорту Альбатрос одеський вирізнялися поєднанням мутацій довгий, нещільний колос; високоросла, антоціанові ості; напіввостистий, щільний, циліндричний колос; пізньостигла, карлик, скверхедний колос; інтенсивний ріст, напіввостистий/безостий, скверхедний колос; інтенсивний ріст, відсутність воскової поволоки; високоросла, деформовані ості, скверхедний колос; інтенсивний ріст, високоросла, довгий колос, відсутність воскової поволоки; високоросла, довгий колос, еректоїдний листок, пізньостигла; щільний, циліндричний колос, напівкарлик; високоросла, ранньостигла, короткий, щільний, циліндричний колос. Серед родин сорту Зимоярка множинними мутаціями виявилися низькоросла, щільний, циліндричний колос; інтенсивний ріст, ранньостигла, високоросла, нещільний, напіввостистий колос; низькоросла, нещільний, циліндричний колос; середньорання, високоросла, нещільний колос; пізньостигла, низькоросла, щільний колос; інтенсивний ріст, ранньостигла; високоросла, пізньостигла, нещільний, напіввостистий колос, вузький листок; низькоросла, відсутність воскової поволоки, крупний колос; пізньостигла, напівкарлик; напіввостистий, щільний, циліндричний колос; інтенсивний ріст, напіввостистий, скверхедний колос.

Таким чином, забруднення ґрунту заброньованими і непридатними до використання пестицидами й токсичними відходами у місцях їх складування чи тривалого застосування призводить до істотного зростання в поколіннях M_2 - M_3 рівня мутаційної мінливості озимої пшениці, що в 3,4-5,6 рази перевищують рівень спонтанних мутацій. Забруднення ґрунту залишками хлорорганічних пестицидів у місцях їх тривалого застосування (яблуневий сад, м. Мелітополь) та складування (вапняковий кар'єр «Алтестове») індукує зростання частоти видимих мутацій, рівень яких перевищує показники контролю в 3,8-4,1 рази. Мутагенна активність забруднень ґрунту гексахлорбензолом на полігоні захоронення токсичних відходів ТОВ «Оріана Галев» (м. Калуш) перевищує показники контролю в 5,6 рази. Залишки забруднення ґрунту гексахлорбензолом на рекультивованих площах полігону продовжують зберігати мутагенні властивості та індукують в 3,4 рази вищий від контрольного рівень видимих мутацій.

Спектр типів мутацій переважно включає форми високорослі, низькорослі, з інтенсивним ростом та пізніми строками дозрівання. Мутантні форми середньоранні, з довгим, щільним, нещільним, циліндричним, скверхедним, напів-

востистим, безостим колосом виявилися типовими за умов забруднення ґрунту пестицидами. Поява напівкарликових та карликових мутантів пов'язана із впливом забруднень полігону токсичних відходів м. Калуш та яблуневого саду м. Мелітополь. Таким чином, зазначені мутації можуть використовуватись як біоіндикатори забруднення ґрунту хлорорганічними пестицидами та хлоровмісними токсичними відходами.

Отримані результати можуть бути використані при плануванні заходів з екологічної безпеки, деталізація яких виходить за рамки дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

- Бондар Л.С., Мацяк А.В., Беляєв В.В. Моніторинг генотоксикологічного забруднення деяких чинників навколишнього середовища // Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. – К.: Логос, 2001. – С. 219-225.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Когутницький В.В. Гігієнічна оцінка екологічного середовища сільських районів Донецької області та його вплив на онкологічну захворюваність населення: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Донецьк, 2005. – 21 с.
- Лакін Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
- Майстренко В.Н. Суперэкоксиканты: миф или реальность // Химическая экология: школа-семинар (Уфа, 1-2 ноября 2001 г.): Тез. докл. – Уфа, 2001. – С. 118-127.
- Мамедова А.О. Биоиндикация качества окружающей среды на основе мутационной и модификационной изменчивости растений // Цитология и генетика. – 2009. – Т. 43, № 2. – С. 61-64.
- Мельникова Т.В., Полякова Л.П., Козьмин Г.В. Химико-токсикологическая характеристика продуктов превращения хлорорганических пестицидов, образующихся при воздействии интенсивных потоков γ -излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2003. – Т. 43, № 6. – С. 697-705.
- Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутационная селекция пшеницы. – Киев: Наук. думка, 1995. – 624 с.
- Моргун В.В., Якимчук Р.А. Генетичні наслідки аварії на Чорнобильській АЕС. – К.: Логос, 2010. – 400 с.
- Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 254 с.
- Петрук Р.В., Петрук В.Г., Березюк А.П. Екологічна безпека складів і сховищ отрутохімікатів і відновлення земель навколо них // Вісн. КрНУ імені

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ *TRITICUM AESTIVUM L.*

- Михайла Остроградського. – 2013. – Т. 80, № 3. – С. 197-202.
- Черв'якова Т.Б., Васюков О.С., Звездай В.І. Забруднення навколишнього середовища Харківської області стійкими хлороорганічними пестицидами та оцінка їх ризику для репродуктивного здоров'я населення // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (до 120-річчя з дня народження академіка О.М. Марзєєва): Наук.-практ. конф. (Київ, 24-25 квітня 2003): Тез. доп. – К., 2003. – Вип. 5. – С. 164.
- Швидь С.Ф., Швидь Л.М., Наталочка В.О., Ткаченко С.К. Динаміка залишкових концентрацій пестицидів у ґрунтах Полтавської області // Вісн. Полтав. держ. аграр. академії. – 2010. – № 3. – С. 26-31.
- Shumann E. Unterzuchtung chromosomal – stabiler Recombination slinten aus der Kreuzung *Triticum aestivum L.* (Alzedo) × *Triticum diococcoides* Korn. Auf zuchterisch debeutsama Merkmale // Tagungsberg. Acad. Landwirtschaftswiss. DDR. – 1988. – V. 272. – P. 215-222.

Надійшла до редакції
20.09.2016 р.

MUTATIONAL VARIABILITY OF *TRITICUM AESTIVUM L.* AFFECTED BY SOIL CONTAMINATION WITH PESTICIDES AND TOXIC WASTE

R. A. Yakymchuk

*Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University
(Uman, Cherkasy region, Ukraine)
e-mail: peoplenature@rambler.ru*

Mutative variability of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) affected by soil contamination with pesticides and toxic waste, which are prohibited and unfit for use, was studied. It has been established that the level of visible mutations exceeds control indicators by 3,4-5,6 times. Soil contamination with the remains of chlorine-organic pesticides in the areas of their sustained use and storage induced the increase of visible mutation frequency by 3,8-4,1 times. Mutagenic activity of soil contamination of toxic waste disposal in the city of Kalush exceeds control indicators by 5.6 times. The mutation level on re-cultivated disposal areas exceeds the control by 3.4 times. The spectrum of mutations, induced by soil contamination with pesticides, includes average-early forms with a long, thick, thin, cylindrical, square-head, half-awned, awnless ear. Semi-dwarf and dwarf mutants can be used as bio indicators of soil contamination with chlorine-organic pesticides and chlorine-containing toxic waste.

Key words: *Triticum aestivum L.*, visible mutation, pesticide contamination, mutagen activity, genetic after-effects of contamination

МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *TRITICUM AESTIVUM L.* В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПЕСТИЦИДАМИ И ТОКСИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ

Р. А. Якимчук

*Уманский государственный педагогический университет им. Павла Тычины
(Умань, Черкасская обл., Украина)
e-mail: peoplenature@rambler.ru*

Исследована мутационная изменчивость озимой пшеницы (*Triticum aestivum L.*), возникающая в результате влияния загрязнений почвы запрещенными и непригодными к использованию пестицидами и токсическими отходами. Установлено, что уровень видимых мутаций в 3,4-5,6 раза превышает контрольные показатели. Загрязнение почвы остатками хлороорганических пестицидов в местах их длительного использования и складирования индуцирует возрастание частоты видимых мутаций в 3,8-4,1 раза. Мутагенная активность загрязнений почвы

ЯКИМЧУК

на полигоне захоронения токсических отходов в г. Калуш в 5,6 раза превышает показатели контроля. Уровень мутаций на рекультивированных площадях полигона в 3,4 раза превышает контроль. Спектр мутаций, вызванных загрязнением почвы пестицидами, включает формы среднеранние, с длинным, плотным, неплотным, цилиндрическим, скверхедным, полуостистым, безостым колосом. Выявленные полукарликовые и карликовые мутанты могут использоваться как биоиндикаторы загрязнения почвы хлорорганическими пестицидами и хлорсодержащими токсическими отходами.

Ключевые слова: *Triticum aestivum L.*, видимые мутации, загрязнение пестицидами, мутагенная активность, генетические последствия загрязнения