

# ГЕНЕТИЧНІ НАСЛІДКИ РАДІОІЗОТОПНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ РОЗМІЩЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ УРАНОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Довганчук О.П., Якимчук Р.А.

*Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини*

На Землі наявні райони з підвищеним у десятки й тисячі разів природним радіаційним фоном: штати Керала і Таміль Наду в Індії, штати Еспіриту-Санту і Ріо-де-Жанейро в Бразилії, м. Рамсар в Ірані [4], м. Таганрог в Росії, м. Брянськ та м. Кіровоград в Україні [7, 11], республіка Саха в Якутії [9], о. Ікарія у Греції [12], що пов'язано з високим розміщенням місцевості над рівнем моря, великою вмістом радію та торію в гірських породах, значним виділенням радону з ґрунту. В окремих регіонах світу, зокрема й України, де частка урану-238 у гірських породах перевищує більше ніж у 1000 разів середньостатистичні показники (0,0001%), розміщуються підприємства уранової промисловості. В процесі їх діяльності вилучаються на денну поверхню й складуються у відвали скельні гірські породи й радіоактивні руди, потужності доз  $\gamma$ -випромінювання яких у 10-400 разів перевищують фоновий рівень [9]. Це призводить до забруднення радіоактивними ізотопами значних територій та підвищення природного радіаційного фону далеко за межами промислової зони підприємств [4, 5]. Ситуація ускладнюється ще й тим, що дані території одночасно забруднені й штучними радіонуклідами, які потрапили в оточуюче середовище в результаті глобальних випадів аварійних викидів АЕС [11].

При оцінці можливих наслідків підвищеного радіаційного фону, особливу увагу слід приділяти вивченню порушень генетичних структур [10], що проявляються вродженими вадами розвитку, переродженням органів і тканин, підвищеною ймовірністю захворювання на рак, цитогенетичними

порушеннями у статевих і соматичних клітинах, зменшенням тривалості життя [1, 3, 7, 8]. Тому дослідження впливу пошкоджуючої дії техногенного забруднення природними радіонуклідами в районах локалізації видобутку й переробки урановмісної гірської породи на спадковий апарат повинно займати центральне місце в системі еколого-генетичного моніторингу. Для його проведення найбільш зручними є рослинні тест-системи, до переліку яких включено і м'яку пшеницю (*T. aestivum* L.) [2, 6].

Для вивчення генетичних наслідків радіаційних забруднень уранодобувної промисловості, рослини ( $M_1$ ) озимої пшениці (*T. aestivum* L.) сортів Альбатрос одеський і Зимоярка вирощено в межах промислових зон Смолінської та Інгульської шахт ДП «Східний гірничозбагачувальний комбінат» (СхідГЗК), а також хвостосховища «Сухачівське, секція 1» ВО «Придніпровський хімічний завод» (ПХЗ). Потужності експозиційних доз поблизу відвалів шахт, біля доріг транспортування уранової руди, на території хвостосховища та його санітарної зони, де було проведено посіви, складала відповідно 100-500 мкР/год  $((7,17...35,85) \cdot 10^{-12} \text{ А/кг})$ , 70-100 мкР/год  $((5,02...7,17) \cdot 10^{-12} \text{ А/кг})$ , 140-180 мкР/год  $((10,04...12,91) \cdot 10^{-12} \text{ А/кг})$ .

Рослини поколінь  $M_2$  і  $M_3$  зростали в умовах природного радіаційного фону (агробіостанція УДПУ ім. Павла Тичини). Облік частоти і спектру мутантних форм проводили лише з покоління  $M_3$  після перевірки успадкування змінених ознак за співвідношенням їх до кількості сімей з мутантними рослинами відносно вивчених сімей в  $M_2$ .

Проведення досліджень поблизу місць масового винесення природних радіоізотопів на поверхню ґрунту дозволяє вивчити генетичні наслідки техногенного радіаційного забруднення для популяцій живих організмів і передбачити можливі подальші зміни в мікроеволюційних процесах. Вирощування рослин  $M_1$  озимої пшениці на узбіччі дороги, забрудненої в результаті транспортування уранової руди зі Смолінської шахти радіоактивним пилом з вмістом урану 0,137 %, спричинило зростанням рівня

мутаційної мінливості. Частота видимих мутацій в  $M_2$ - $M_3$  складає  $8,45 \pm 3,30$  % для сорту Альбатрос одеський і  $6,45 \pm 1,09$  % для сорту Зимоярка, що перевищує показники контролю в 12,6 і 9,6 рази, відповідно (табл. 1). Рослини озимої пшениці сорту Зимоярка, вирощені біля підніжжя відвалів Інгульської шахти, протягом вегетаційного періоду зазнавали дії радіаційного випромінювання природних радіоізоотопів пилюватої фракції урановмісної породи з вмістом урану 0,06 %. Рівень мутаційної мінливості становить  $3,31 \pm 1,15$  %, що в 4,9 рази вище показника контролю –  $0,67 \pm 0,47$  %. Перевищення в 2 рази частоти видимих мутацій в умовах промислової зони Смолінської шахти, у порівнянні з Інгульською, може бути пов'язане з більшою в 2,2 рази концентрацією урану в радіоактивному пилі – основного фактора забруднення досліджуваних ділянок промислової зони.

Спектр типів мутацій в  $M_2$ - $M_3$  рослин озимої пшениці, індукованих радіонуклідним забрудненням, наступний:

#### **Типи мутацій**

1. Середньорання
2. Пізньостигла
3. Інтенсивний ріст
4. Високоросла
5. Низькоросла
6. Довгий колос
7. Короткий колос
8. Компактоїд
9. Щільний колос
10. Циліндричний колос
11. Скверхедний колос
12. Спельтоїдний колос
13. Безостий колос
14. Напівостистий колос
15. Остистий колос

Таблиця 1.

**Частота видимих мутацій (M<sub>2</sub>-M<sub>3</sub>) озимої пшениці за умов хронічної дії  
радіаційних забруднень уранодобувної промисловості (2011 р.)**

Варіант впливу	Кількість вивчених сімей, шт.	Кількість мутантних сімей, шт.	Частота мутантних сімей, %
<i>Альбатрос одеський</i>			
Агробіостанція УДПУ (контроль)	300	2	0,67±0,47
Промзона Смолінської шахти	71	6	8,45±3,30*
<i>Зимоярка</i>			
Агробіостанція УДПУ (контроль)	300	2	0,67±0,47
Промзона Смолінської шахти	512	33	6,45±1,09**
Промзона Інгульської шахти	242	8	3,31±1,15*
Хвостосховище «Сухачівське» Секція 1	122	8	6,56±2,59*

\* - різниця відносно контролю статистично вірогідна за  $P \leq 0,05$

\*\* - різниця відносно контролю статистично вірогідна за  $P \leq 0,01$

За дії радіаційних забруднень промислової зони Смолінської та Інгульської шахт він переважно представлений спадковими змінами, пов'язаними з довжиною стебла рослин і тривалістю вегетаційного періоду. Серед мутацій з високою частотою зустрічаються середньоранні (1,41 % у сорту Альбатрос одеський і 0,83-0,98 % у сорту Зимоярка), пізньостиглі (1,41 % у сорту Альбатрос одеський і 0,78-0,83 % у сорту Зимоярка) й низькорослі (2,82 % у сорту Альбатрос одеський і 0,83-1,17 % у сорту Зимоярка) форми (табл. 2). Мутанти з довгим стеблом та інтенсивним ростом виявлені лише у сорту Зимоярка і зустрічаються з найвищою частотою за умов впливу радіаційних забруднень Смолінської шахти – 1,17 % та 1,95 %, відповідно. Радіаційне забруднення, спричинене діяльністю Смолінської та Інгульської шахт викликає в сорту Зимоярка широкий спектр мутацій за морфологією колоса: довгий, короткий, щільний, циліндричний колос, частота яких складає 0,39-0,83 %. Характерними генетичними наслідками радіонуклідного забруднення території Смолінської шахти є поява різких мутацій – компактоїдів (0,41 %) у сорту Альбатрос одеський та спельтоїдного і скверхедного колосів (0,20 %) у

Таблиця 2.

**Спектр видимих мутацій (M<sub>2</sub>-M<sub>3</sub>) озимої пшениці за умов хронічної дії радіаційних забруднень уранодобувної промисловості (2011 р.)**

Варіант впливу	Типи мутацій, %														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	<i>Альбатрос одеський</i>														
Агробіостанція УДПУ (контроль)	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Промзона Смолінської шахти	1,41	1,41	0,00	0,00	2,82	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00
	<i>Зимоярка</i>														
Агробіостанція УДПУ (контроль)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
Промзона Смолінської шахти	0,98*	0,78*	1,17*	1,95*	1,17	0,39	0,39	0,00	0,39	0,00	0,20	0,20	0,00	0,39	0,39
Промзона Інгульської шахти	0,83	0,83	0,83	1,24*	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Хвостосховище «Сухачівське» Секція 1	1,64	0,82	0,00	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82	0,00	0,00	0,82

\* - різниця відносно контролю статистично вірогідна за  $P \leq 0,05$

сорту Зимоярка. Причинами їх виникнення є делеції, дуплікації, транслокації, мікроаберації в локусі Q п'ятої хромосоми генома А, чи то трисомія за цією ж хромосомою [13]. Спектр мутацій рослин сорту Зимоярка, викликаний радіаційним забрудненням промислової зони Смолінської шахти, включає 12 типів, що вдвічі перевищує їх кількість за умов впливу радіаційного забруднення території Інгульської шахти. Серед видимих спадкових змін, які розширюють спектр мутантних типів, виділено напівостисті й остисті форми у сорту Зимоярка та безості – у сорту Альбатрос одеський.

Таким чином хронічна дія випромінювань радіонуклідних забруднень промислової зони шахт з видобутку уранової руди та хвостосховища радіоактивних відходів уранодобувної промисловості призводить до зростання в 4,9-12,6 рази рівня мутаційної мінливості озимої пшениці. Спектр мутацій переважно включає спадкові зміни, пов'язані з довжиною стебла й тривалістю вегетаційного періоду.

Високий рівень мутаційної мінливості, індукований забрудненням уранодобувної промисловості вказує на ризик виникнення генетичних порушень в організмів, мешкаючих на забрудненій природними радіонуклідами території та ставить питання про необхідність проведення генетичного моніторингу довкілля з метою встановлення науково обґрунтованих нормативів радіаційних чинників природного й техногенного походження.

### **Література**

1. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды / В.И. Артамонов – М.: Наука, 1986. – 172 с.
2. Биттуева М.М. Эффективность прогноза канцерогенной активности химических соединений при учете соматических мутаций у

сои *Glycine max* (L.) Merrill / М.М. Биттуева, С.К. Абилов, В.А. Тарасов  
// Генетика. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 78-87.

3. Боднар Л.С. Моніторинг генотоксикологічного забруднення деяких чинників навколишнього середовища / Л.С. Боднар, А.В. Мацях, В.В. Беляєв // Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. – К.: Логос, 2001. – С. 219-225.

4. Захарченко М.П. Радиация, экология, здоровье / М.П. Захарченко, В.Х. Хавинсон, С.Б. Оникиенко [и др.] – СПб: Гуманистика, 2003. – 336 с.

5. Лісова Т.С. Радіаційний вплив уранодобувної промисловості на довкілля // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 2. – С. 40-45.

6. Моргун В.В. Мутационная селекция пшеницы [монография] / В.В. Моргун, В.Ф. Логвиненко – К.: Наукова думка, 1995. – 624 с.

7. Новости Кировограда // Концентрация радона в Кировограде в несколько раз превышает допустимую. – 2007. – 8 ноября.

8. Пароконная Е. Кировоград – дорогой вымирающий город? / Е. Пароконная // Новости Кировограда. – 2008. – 18 авг.

9. Собакин П.И. Радиоэкологическая обстановка на территории Якутии / П.И. Собакин, А.П. Чевычелов, В.Е. Ушницкий // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – Т. 44, № 3. – С. 283-288.

10. Сыпин В.Д. Оценка генетических эффектов хронического воздействия низкоинтенсивного  $\gamma$ -излучения цитогенетическими методами и методом ДНК-комет / В.Д. Сыпин, А.Н. Осипов, А.Л. Елаков [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2003. – Т. 43, № 2. – С. 156-160.

11. Цветнова О.Б. Радиоэкологические проблемы прибрежных ландшафтов Азовского моря / О.Б. Цветнова, А.И. Щеглов, Н.М. Ивахненко // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 5. – С. 629-636.

12. Цыцугина В.Г. Критерии оценки экологического риска для «критических» популяций гидробионтов / В.Г. Цыцугина, Г.Г. Поликарпов // Доповіді НАН України. – 2007. – № 6. – С. 188-191.

13. Эйгес Н.С. Коллекция хемомутантов озимой пшеницы / Н.С. Эйгес // Природа. – 1997. – № 1. – С. 26-35.