

УДК 633.11:575.224.4

ВПЛИВ ХРОНІЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

© 2007 р. С. П. Братушак

Інститут фізіології рослин і генетики

Національної академії наук України

(Київ, Україна)

Вивчали вплив хронічного опромінення від радіонуклідів чорнобильського аварійного викиду на показники структури урожаю рослин озимої пшениці, вирощених на ділянках з різною щільністю радіаційного забруднення в зоні відчуження ЧАЕС. Встановили, що хронічна дія радіації спричиняє пригнічення росту і розвитку рослин, причому ступінь пригнічення залежить від потужності радіаційного фону. Спостерігали наслідки радіаційного ураження у нащадків опромінених рослин.

Ключові слова: *Triticum aestivum L.*, хронічна дія радіації, радіонуклідні забруднення, зона відчуження ЧАЕС, радіочутливість рослин

Зона відчуження Чорнобильської АЕС може досліджуватися як модель гострої екологічної катастрофи. На обмеженій її території відбулася різка зміна цілого комплексу екологічних чинників, і на тлі цих змін відбувається відтворення представників безлічі таксономічних груп живих організмів [12].

Одним з головних екологічних наслідків аварії на ЧАЕС є радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь [10].

До заходів реабілітації регіону належить ґрунтова меліорація, що ефективно знижує перехід радіонуклідів із ґрунту в рослини. Показано, що сорбуючі меліоранти на торф'яному ґрунті знижують надходження ^{137}Cs в рослини в 11 разів, на дерново - підзолистих ґрунтах в 3 рази. Такі заходи є одним з ефективних засобів зниження забруднення рослинницької продукції важкими металами, підвищення урожайності та її якості [1, 5].

Ефективними виявились такі заходи як залуження і перезалуження угідь, в результаті яких знижено рівень забруднення зеленої маси трав в 2-8 разів протягом 5-6 років. Агротехні-

чні та агрохімічні заходи дозволяють знизити радіоактивне забруднення рослинної продукції в десятки разів. Вапнування та внесення мінеральних добрив, особливо за їх комбінованої дії, дозволили знизити забруднення продукції рослинництва ^{137}Cs в 3,0-15,0; Sr^{90} в 1,3-2,0 рази [6].

Проте, незважаючи на проведення дезактиваційних заходів, рівні забруднення території зони відчуження ЧАЕС залишаються досить високими.

У зв'язку з цим метою нашої роботи було вивчити вплив радіонуклідних забруднень на формування покоління M_1 рослин озимої пшениці на ділянках зони відчуження ЧАЕС за різних потужностей радіоактивного випромінювання.

МЕТОДИКА

Об'єктом дослідження була озима м'яка пшениця (*Triticum aestivum L.*) двох сортів – Альбатрос одеський і Донецька 48. Ці сорти використовуються у відділі експериментального мутагенезу Інституту фізіології рослин і генетики НАН України як об'єкти моніторингових досліджень мутаційної мінливості озимої пшениці, індукованої радіонуклідними за-

Адреса для кореспонденції: Братушак Сергій Петрович,
Інститут фізіології рослин і генетики НАН України,
вул. Васильківська, 31/17, Київ, 03022, Україна

ВПЛИВ ХРОНІЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ

брудненнями аварійного викиду з моменту аварії на ЧАЕС і дотепер.

Радіонуклідні забруднення на територіях Чорнобильської зони відчуження розподілені надзвичайно нерівномірно. У зв'язку з цим нами проводились дослідження на ділянках з різною щільністю забруднення радіоізотопами. Робота виконувалась на території пункту захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ) модульного типу "Підлісний", який розташований на відстані 2 км від ЧАЕС за Північним радіоактивним слідом, та ПЗРВ траншейного типу "Буряківка" (13 км від ЧАЕС за Західним радіоактивним слідом).

Рослини озимої пшениці на територіях даних пунктів протягом всього вегетаційного періоду 2005-2006 р. (від фази сходів до фази повного досягання) зазнавали впливу хронічного іонізуючого опромінювання. Рослини вирощували на ділянках з різною потужністю експозиційної дози, яка становила 4 мР/год (ПЗРВ "Підлісний"), 2 мР/год (ПЗРВ "Підлісний") та 0,36 мР/год (ПЗРВ "Буряківка"), в результаті чого отримали різну поглинуту дозу іонізуючого опромінення. Площа облікової ділянки становила 10 м².

В умовах природного радіаційного фону рослини вирощували на полях дослідного сільськогосподарського виробництва (ДСВ) Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (сmt Глеваха Васильківського району Київської області у зоні Північного Лісостепу України), де протягом багатьох років вивчається спонтанний рівень мутаційної мінливості у рослин озимої пшениці.

Грунтово-кліматичні умови та агротехніка на ділянках, де вирощували рослини, були однаковими.

З метою виявлення віддалених наслідків хронічного опромінення проводили вивчення рослин другого покоління, позначені нами як М₂. Вони були отримані від рослин, які зазнали радіаційного впливу на території ПЗРВ "Буряківка" протягом вегетаційного періоду 2004-2005 р.

Для оцінки впливу радіонуклідних забруднень Чорнобильського аварійного викиду на формування елементів структури урожаю визначали висоту рослин, загальну кущистість, продуктивну кущистість, довжину головного колоса, кількість колосків у головному колосі, кількість зерен у головному колосі, масу зерна з головного колоса, масу зерна з рос-

лини, масу 1000 зерен. Обсяг вибірки становив 50 рослин на варіант.

Оцінку достовірності різниці між середніми величинами проводили з використанням коефіцієнта Стьюдента (t_{05}) [4].

РЕЗУЛЬТАТИ

Радіонуклідні забруднення в зоні аварії ЧАЕС за умов хронічного впливу, спричиняють зниження продуктивності рослин озимої пшениці, про що свідчать показники структури урожаю.

Як видно з табл. 1, всі показники структури урожаю рослин сорту Альбатрос одеський за хронічного опромінення істотно нижчі порівняно з показниками за природного фону радіації. При цьому простежується різниця величин залежно від потужності експозиційної дози опромінення. Так, рослини, які росли на території ПЗРВ "Буряківка" з потужністю експозиційної дози 0,36 мР/год, за показниками структури урожаю були менш пригніченими, ніж рослини, що росли на території ПЗРВ "Підлісний" (4 і 2 мР/год). Аналіз рослин, вирощених на ділянках з різним радіаційним фоном на території ПЗРВ "Підлісний" (ділянка №1 і №2), показав різницю лише за двома показниками: маса зерна з головного колоса та маса зерна з рослини, які були нижчими у рослин на ділянці з потужністю 4 мР/год (ділянка №1).

При порівнянні рослин сорту Донецька 48, які вирощувалися в аналогічних з сортом Альбатрос одеський умовах, з рослинами контрольного варіанта (сmt Глеваха Васильківського р-ну Київської обл.) також зафіксовано зниження показників структури урожаю під впливом хронічного опромінення порівняно з показниками на природному фоні радіації (табл. 2). Проте сорт Донецька 48 виявився чутливішим до зміни потужності експозиційної дози. Слід зазначити, що у варіанті з найменшим радіаційним фоном (ПЗРВ "Буряківка") за такими показниками, як загальна кущистість, продуктивна кущистість та довжина головного колоса суттєвої різниці з фоном не виявлено.

Також був проведений структурний аналіз рослин другого покоління (М₂), які зазнали хронічного впливу іонізуючого опромінення на території ПЗРВ "Буряківка" протягом вегетаційного періоду 2004-2005 р.

БРАТУЩАК

Таблиця 1

**Елементи структури урожаю рослин озимої пшениці сорту Альбатрос одеський,
вирощених в зоні відчуження ЧАЕС**

Ознака	Радіаційний фон			
	Природний	Підлісний № 1, 4 мЛР/год	Підлісний № 2, 2 мЛР/год	Буряківка, 0,36 мЛР/год
Висота рослин, см	81,8 ± 0,72	69,7 ± 0,79*	70,8 ± 1,04*	79,8 ± 0,74***
Загальна кущистість, шт	4,4 ± 0,14	2,2 ± 0,08	2,2 ± 0,14*	3,8 ± 0,16***
Продуктивна кущистість, шт	3,6 ± 0,09	1,8 ± 0,07*	1,9 ± 0,11*	3,1 ± 0,12***
Довжина головного колоса, см	9,1 ± 0,14	6,5 ± 0,12*	6,6 ± 0,10*	8,1 ± 0,14***
Кількість колосків у головному колосі, шт.	17,3 ± 0,20	12,6 ± 0,20*	12,7 ± 0,23*	15,0 ± 0,21***
Кількість зерен у головному колосі, шт.	47,3 ± 1,00	27,6 ± 0,84*	29,4 ± 10,7*	37,9 ± 1,06***
Маса зерна з головного колоса, г	1,8 ± 0,05	0,9 ± 0,04**	1,1 ± 0,04*	1,1 ± 0,04*
Маса зерна з рослини, г	5,4 ± 0,19	1,5 ± 0,08**	1,8 ± 0,13*	2,7 ± 0,15***
Маса 1000 зерен, г	40,3 ± 0,63	33,5 ± 0,65*	34,5 ± 1,50*	30,3 ± 1,25***

* - Різниця порівняно з контролем (природний фон) статистично достовірна при P_{0,05}

** - Різниця порівняно з контролем і варіантом 2 статистично достовірна при P_{0,05}

*** - Різниця порівняно з контролем і варіантами 1, 2 статистично достовірна при P_{0,05}

Таблиця 2

**Елементи структури урожаю рослин озимої пшениці сорту Донецька 48,
вирощених в зоні відчуження ЧАЕС**

Ознака	Радіаційний фон			
	Природний	Підлісний № 1, 4 мЛР/год	Підлісний № 2, 2 мЛР/год	Буряківка, 0,36 мЛР/год
Висота рослин, см	90,3 ± 0,49	67,1 ± 0,82**	71,2 ± 0,74*	87,8 ± 0,72***
Загальна кущистість, шт	4,6 ± 0,13	2,1 ± 0,03**	2,3 ± 0,10*	4,4 ± 0,17****
Продуктивна кущистість, шт	3,6 ± 0,09	1,6 ± 0,07*	1,8 ± 0,09*	3,5 ± 0,09****
Довжина головного колоса, см	9,3 ± 0,11	6,2 ± 0,11**	6,7 ± 0,09*	8,9 ± 0,11****
Кількість колосків у головному колосі, шт.	17,4 ± 0,15	11,8 ± 0,25*	12,4 ± 0,21*	15,8 ± 0,21***
Кількість зерен у головному колосі, шт.	39,2 ± 0,58	23,0 ± 0,72**	25,9 ± 0,65*	35,1 ± 0,74***
Маса зерна з головного колоса, г	1,9 ± 0,03	0,8 ± 0,03**	0,9 ± 0,03*	1,0 ± 0,03*
Маса зерна з рослини, г	5,9 ± 0,15	1,2 ± 0,05**	1,4 ± 0,06*	2,7 ± 0,15***
Маса 1000 зерен, г	54,9 ± 2,65	35,8 ± 0,85*	34,0 ± 2,04*	28,5 ± 0,65***

* - Різниця порівняно з контролем (природний фон) статистично достовірна при P_{0,05}

** - Різниця порівняно з контролем і варіантом 2 статистично достовірна при P_{0,05}

*** - Різниця порівняно з контролем і варіантами 1, 2 статистично достовірна при P_{0,05}

**** - Різниця порівняно з варіантами 1, 2 статистично достовірна при P_{0,05}

Елементи структури урожаю покоління M₂ рослин , які зазнали радіаційного впливу в зоні аварії ЧАЕС

Ознака	Альбатрос одеський		Донецька 48	
	Радіаційний фон			
	Природний	0,36 мР/год	Природний	0,36 мР/год
Висота рослин, см	81,8 ± 0,72	72,7 ± 0,58*	90,3 ± 0,49	78,5 ± 0,73*
Загальна кущистість, шт	4,4 ± 0,14	4,5 ± 0,13	4,6 ± 0,13	4,8 ± 0,17
Продуктивна кущистість, шт	3,6 ± 0,09	3,3 ± 0,09*	3,6 ± 0,09	3,4 ± 0,11
Довжина головного колоса, см	9,1 ± 0,14	9,3 ± 0,11	9,3 ± 0,11	10,1 ± 0,10*
Кількість колосків у головному колосі, шт.	17,3 ± 0,20	17,3 ± 0,18	17,4 ± 0,15	18,8 ± 0,21*
Кількість зерен у головному колосі, шт.	47,3 ± 1,00	51,4 ± 1,12*	39,2 ± 0,58	45,8 ± 1,33*
Маса зерна з головного колоса, г	1,8 ± 0,05	2,1 ± 0,06*	1,9 ± 0,03	2,0 ± 0,08
Маса зерна зрослини, г	5,4 ± 0,19	5,7 ± 0,22	5,9 ± 0,15	5,7 ± 0,29
Маса 1000 зерен, г	40,3 ± 0,63	41,8 ± 0,96	54,9 ± 2,56	44,5 ± 0,96*

* - Різниця порівняно з контролем статистично достовірна при P_{0,05}

У результаті вивчення покоління M₂ рослин, які зазнали радіаційного впливу, були помічені деякі відмінності між показниками структури урожаю дослідних і контрольних рослин (табл. 3). Зокрема, у обох сортів спостерігалася депресія за висотою рослин. За кількістю зерен в головному колосі та деякими іншими показниками простежувалася незначна стимуляція. Також помічена підвищена схильність дослідних рослин до ураження фітопатогенами.

ОБГОВОРЕННЯ

Після розпаду короткоживучих радіонуклідів основні дозові навантаження формуються за рахунок радіоізоотопів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr з тривалим періодом напіврозпаду, а також трансуранових елементів. Завдяки процесам трансформації та міграції радіонуклідів рівні дозових навантажень на живі організми в зоні відчуження ЧАЕС значно знизилися, проте за умов хронічного впливу іонізуюча радіація низької інтенсивності здатна викликати істотні ураження морфологічного і генетичного характеру.

У результаті проведених нами досліджень виявлено, що хронічна дія радіації низьких потужностей інгібує рослини озимої

пшениці різних сортів. Рівень радіаційної депресії залежав від потужності експозиційної дози експериментальної ділянки, на якій вирощувалися рослини. Так, пригнічення рослин, вирощених на території ПЗРВ “Буряківка”, виявлено лише за деякими показниками структури урожаю, тоді як у рослин з території ПЗРВ “Підлісний” практично всі показники структури урожаю були істотно нижчими від рослин, вирощених в умовах природного фону радіації.

Зменшення показників продуктивності рослин озимої пшениці зумовлене низкою причин. Зокрема, зниження загальної і продуктивної кущистості може бути пов’язане з порушенням морфогенезу рослин, спричиненим хронічною дією іонізуючого опромінення. Достовірно зниження таких показників, як кількість зерен в головному колосі може бути пов’язана зі зростанням рівня стерильності пилку. Зниження маси зерен з головного колоса, маси зерна з рослини, ймовірно, може бути зумовлене порушенням перебігу процесів його формування і наливу у результаті пригнічення фотосинтезу.

На забруднених радіонуклідами територіях, особливо у найближній 10-км зоні ЧАЕС, з першого року аварії у багатьох видів рослин

спостерігали пригнічення росту окремих органів і рослин в цілому. Це супроводжувалося зниженням інтенсивності фотосинтезу, транспірації, синтезу окремих метаболітів, зокрема багатьох білків, та інших процесів. Спостерігали затримку настання окремих фаз онтогенезу, збільшення тривалості вегетаційного періоду [2].

У роботах Д.М. Гродзінського відзначається, що у разі хронічного опромінення дуже малими потужностями поглинутих доз механізми радіоадаптації не формуються, натомість зростає радіочутливість організмів. Через це на частині території, забруднених унаслідок Чорнобильської катастрофи, адаптивна відповідь до підвищеного рівня радіації не формується [3].

Як видно з результатів наших досліджень, дана тенденція спостерігається і через 20 років після аварії на ЧАЕС.

Депресія рослин за висотою та стійкістю до фітопатогенів, виявлена у поколінні M₂, цілком ймовірно, може бути віддаленим проявом радіаційного впливу, якого зазнали батьківські рослини в зоні відчуження ЧАЕС (ПЗРВ “Буряківка”). Крім того, нами помічені деякі морфологічні зміни стебла і колоса озимої пшениці, що свідчить про можливість виникнення мутаційних змін.

Моніторинговими дослідженнями В.В. Моргуна і співавт., які проводяться з моменту аварії і дотепер, встановлено, що радіонуклідні забруднення зони відчуження індують підвищену частоту мутацій у рослин озимої пшениці [7]. Вивчення частоти видимих мутацій рослин, які вегетували в зоні відчуження у 1999 р., показали перевищення спонтанного рівня у 12,5 – 16,7 раза залежно від сорту озимої пшениці [8, 9]. Доведено, що низькодозова дія радіації, починаючи з другого мутантного покоління, призводить до зниження продуктивності та втрати сортової типовості рослин [11].

Таким чином, результати наших досліджень свідчать, що і через 20 років з моменту аварії територія зони відчуження ЧАЕС є мало придатною для господарського використання. Хронічний вплив підвищеного радіаційного фону спричиняє депресію процесів росту і розвитку сільськогосподарських рослин, що призводить до втрати їх продуктивного потенціалу. Наслідки опромінення виявляються у на-

ступних поколіннях рослин, що спричиняє зниження урожайності та сортової типовості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Аратис Г., Перепелятников Г., Грицюк Н. и др.* Эффективность агротехнических и агрохимических контрмер, применяемых после Чернобыльской катастрофы // V съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозоология, радиационная безопасность), Москва, 10-14 апр. 2006 г.: Тез. докл. – М., 2006. – Т. 3. – С. 4.
2. *Гродзинский Д.М., Гудков И.Н.* Радиационное поражение растений в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиозоология. – 2006. – Т. 46, № 2. – С. 189-199.
3. *Гродзинский Д.М.* Радиобиология. – К.: Либідь, 2000. – 448 с.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. *Корогодина В.Л., Флорко Б.В.* Механизмы адаптации в меристеме корешков проростков семян, произрастающих вблизи источников радиации // V съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозоология, радиационная безопасность), Москва, 10-14 апр. 2006 г.: Тез. докл.– М., 2006. – Т. 3. – С. 26.
6. *Мельник А.И., Мукосей Н.П., Шишкина Л.Н.* Эффективность защитных мероприятий на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодьях Черниговской области // Там же. – С. 31.
7. *Моргун В.В., Логвиненко В.Ф.* Мутационная селекция пшеницы. – Киев: Наукова думка, 1995. – С. 251-274.
8. *Моргун В.В., Логвиненко В.Ф., Якимчук Р.А.* Генетична післядія радіонуклідного забруднення зони відчуження ЧАЕС на прикладі озимої пшениці // Міжнарод. конф. “П'ятнадцять років Чорнобильської катастрофи. Досвід подолання”: Тез. доп. – К., 2001. – Ч. 2. – С. 39.
9. *Моргун В.В., Логвиненко В.Ф., Якимчук Р.А.* Скринінг генетичної післядії радіонуклідних забруднень через 13 років з часу аварії на Чорнобильській АЕС // Доп. НАН України. – 2001. – № 3. – С. 226-231.
10. *Панов А.В., Фесенко С.В., Санжарова Н.И. и др.* Влияние сельскохозяйственных защитных мероприятий на облучение населения, проживающего на территориях, загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. – 2006. – Т. 46, № 2. – С. 189-199.

ВПЛИВ ХРОНІЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ

- логия. Радиозкология. – 2006. – Т. 46, №4. – С. 233-239.
11. Якимчук Р.А., Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Генетические последствия радионуклидного загрязнения зоны отчуждения через 13 лет после аварии на Чернобыльской АЭС // Физиология и биохимия культ. растений. – 2001. – Т. 33, № 3. – С. 226-231.
12. Glazko V.I., Glazko T.T. Problems of species gene pool conservation in mammals after the Chernobyl ecological catastrophe // Animal Science Papers and Reports . – 2004. – V. 22, № 1. – P. 141-148.

Надійшла до редакції
28.02.2007 р.

THE INFLUENCE OF CHRONIC RADIATION ON PLANTS PRODUCTIVITY ELEMENTS IN ALIENATION ZONE OF CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

S. P. Bratuschak

*Institute of Plant Physiology and Genetics
of National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

The influence of chronic radioactive emanation from Chernobyl accident on yield structure index of winter wheat plants grown on plots with different radioactive contaminant density at the alienation zone of Chernobyl nuclear station has been investigated. The depression of plant growth and development under chronic radioactive action has been established, at that extent of the depression depended from the power of radioactivity background. The consequences of radioactive damage have been observed in progenies of irradiated plants.

Key words: *Triticum aestivum L., chronic influence of radiation, radiochemical contaminants, alienation zone of Chernobyl nuclear station, plant radiosensitivity*

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

С. П. Братушак

*Институт физиологии растений и генетики
Национальной академии наук Украины
(Киев, Украина)*

Изучали влияние хронического облучения от радионуклидов Чернобыльского аварийного выброса на показатели структуры урожая растений озимой пшеницы, выращенных на участках с разной плотностью радиационного загрязнения в зоне отчуждения ЧАЭС. Установили, что хроническое действие радиации вызывает угнетение роста и развития растений, при этом уровень депрессии зависит от мощности радиационного фона. Наблюдали последствия радиационного поражения у потомков облученных растений.

Ключевые слова: *Triticum aestivum L., хроническое воздействие радиации, радионуклидные загрязнения, зона отчуждения ЧАЭС, радиочувствительность растений*