

УДК 575.224.4:504.5

ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА МУТАГЕННОГО ВПЛИВУ НА КОРЕНЕВУ МЕРИСТЕМУ *TRITICUM AESTIVUM* ЗАБРУДНЕНЬ ТЕРИТОРІЙ, ПРИЛЕГЛИХ ДО ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

© 2015 р. Р. А. Якимчук

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини

(Умань, Черкаська обл., Україна)

Проведено цитогенетичний аналіз клітин кореневої меристеми проростків озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.), які зазнали впливу забруднень ґрунту поблизу ТЕС України. Забруднення ґрунту прилеглої до Бурштинської ТЕС території та золовідвалу №1 спричинило підвищення рівня хромосомних аберацій в 1,5-2,5 та в 1,8-3,0 рази, відповідно. Найвища їх частота виявлена за умов впливу мутагенів ґрунту 3- і 5-кілометрової зони. Частота хромосомних аберацій, індукованих мутагенами ґрунту, з територій, прилеглих до Курахівської, Зуївської, Старобешівської та Запорізької ТЕС, перевищувала контрольні показники в 1,7-3,0 рази. Спектр хромосомних перебудов представлений переважно одиничними і парними фрагментами й дицентричними мостами. Підвищений мутаційний рівень, виявлений поблизу ТЕС, свідчить про загрозу зростання мутаційного навантаження в популяціях організмів на територіях поблизу викидів зі стаціонарних джерел підприємств теплоенергетики та вказує на необхідність систематичного проведення моніторингу територій, прилеглих до теплових електростанцій.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., хромосомні аберації, цитогенетичний аналіз, мутагенний рівень, порушення мітозу

Важливою складовою антропогенного навантаження на довкілля в Україні є вплив на організми мутагенів фізичної та хімічної природи. Тотальне забруднення ксенобіотиками атмосферного повітря, ґрунту, питної води та продуктів харчування стало причиною генетично зумовленої патології, що виявляється у вроджених вадах розвитку, цитогенетичних порушеннях у статевих і соматичних клітинах (Мамедова, 2009).

Одним із основних забруднювачів біосфери промислових міст є теплоенергетика, частка якої складає 27-32% від загального обсягу забруднюючих викидів, які за останні роки досягли 100 млн. т (Лихолат та ін., 2007). Процес спалювання вугілля на теплових електростанціях є головним джерелом надходження в біосферу багатьох важких металів та додатковим фактором підвищення природного радіаційного фону (Муравьев и др., 2000; Тимошевский и др., 2005). Утворені в результаті піролізу вугіл-

ля шлак і зола містять в середньому в 7-10 разів більше первинних радіонуклідів, ніж ґрунт (калію-40 – 400 Бк · кг⁻¹, урану-238 і 235 – по 150 Бк · кг⁻¹) (Захарченко и др., 2003). У зв'язку з цим дози опромінення, які отримує населення поблизу ТЕС, в 40 разів вищі від доз, спричинених реакторами атомних електростанцій при нормальному їх функціонуванні (Наконечний, 2000; Захарченко и др., 2003; Клименко та ін., 2006).

У зв'язку з цим необхідна розробка та впровадження на територіях, прилеглих до стаціонарних джерел теплоенергетики, системи різного роду моніторингів. Більшість таких досліджень спрямована на оцінку рівня накопичення важких металів (Швец, 2011), радіоізотопів (Грабовський та ін., 2011) у ґрунті, водоймах і рослинах залежно від відстані до джерела забруднення. У системі біологічного моніторингу важливе місце посідають генетичні дослідження, які дають можливість оцінити на клітинному й молекулярному рівнях наслідки одночасного впливу кількох стрес-факторів для ряду послідовних поколінь (Боднар та ін., 2001; Богуславська та ін., 2009; Мамедова, 2009). З метою планомірної та ефективної ліквідації чи

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

ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА МУТАГЕННОГО ВПЛИВУ

Таблиця 1. Вміст важких металів у ґрунті територій, прилеглих до теплоелектростанцій (2013 р.)

Місце відбору зразків	Рухомі форми важких металів в буферній ацетатно-амонійній витяжці, мг/кг ґрунту			
	Zn	Pb	Cd	Mn
с. Сватки Полтавської обл. (контроль)	2,2	0,9	0,1	8,1
Бурштинська ТЕС (5 км)	0,8	3,0*	0,1	9,6
Бурштинська ТЕС (3 км)	1,3	2,5*	0,1	18,3
Шлаковідвал №1 Бурштинської ТЕС	1,6	1,4*	0,1	22,4
Вуглегірська ТЕС (3 км)	0,3	4,8**	0,2*	19,7
Зуївська ТЕС (3 км)	1,5	1,7*	0,1	8,6
Курахівська ТЕС(3 км)	7,7*	11,1**	0,4*	40,6
Старобешівська ТЕС (3 км)	0,8	11,0**	0,4*	20,6
Криворізька ТЕС (3 км)	0,2	1,4*	0,1	7,3
Запорізька ТЕС (3 км)	12,2*	6,6**	0,2*	65,7*

* - слабкий, середній і помірний рівень забруднення

** - високий і дуже високий рівень забруднення

мінімізації шкідливих антропогенних наслідків забруднення територій необхідне проведення систематичної діагностики якості ґрунтового покриву, який фіксує основні тенденції довготривалих процесів забруднення (Сердюк та ін., 2007).

Розроблена на даний час система еколого-генетичного моніторингу передбачає біоіндикацію мутагенів довкілля за допомогою цитогенетичного аналізу. Його істотною перевагою є можливість отримати мутагенну оцінку природних середовищ незалежно від складу забруднюючих речовин (Боднар та ін., 2001). Для проведення моніторингу реального забруднення середовища потенційно небезпечними в генетичному плані сполуками найбільш підходять рослинні тест-системи, до переліку яких включено м'яку пшеницю (*Triticum aestivum* L.) (Моргун і др., 2005; Биттуева і др., 2007).

З цією метою було вивчено частоту і спектр хромосомних аберацій в меристематичних клітинах первинних корінців проростків озимої пшениці, які зазнали пролонгованого впливу забруднень ґрунту, відібраного в межах золовідвалу та прилеглих до теплових електростанцій територій.

МЕТОДИКА

Для визначення мутагенної активності забруднень ґрунту територій, прилеглих до теплових електростанцій, проведено цитогенетичний аналіз меристематичних клітин первинних коренів проростків озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сортів Альбатрос одеський і Зимоярка. Насіння впродовж 40 год витримували у вологому ґру-

нті, взятому на відстані 1, 3, 5 і 12 км від Бурштинської ТЕС та поблизу золовідвалу № 1, а також на відстані 3 і 5 км від Вуглегірської, Курахівської, Зуївської, Старобешівської, Запорізької та Криворізької ТЕС. Відбір ґрунтових зразків здійснювали відповідно до стандартних методик (Беккер і др., 1989) та вимог Держстандарту № 17.04.3.01.83, № 17.4.4.02.84. Змішані ґрунтові проби відбирали методом «конверта» 25×25 м з урахуванням ґрунтових, ландшафтних й геоморфологічних особливостей території. Пробу загальною масою 1,2-1,5 кг відбирали з глибини 0-10 см совком-пробовідбірником із нержавіючої сталі. Транспортування та зберігання зразків здійснювали в чистих безбарвних паперових пакетах. З проби видаляли наземні та кореневі частини рослин, уламки порід і висушували до повітряно-сухого стану.

Зважаючи на те, що ґрунти Полтавщини не зазнали суттєвого радіонуклідного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС і вміст важких металів в них у декілька разів нижчий від гранично допустимих концентрацій (Програма ..., 2007), контролем слугував ґрунт, взятий в межах с. Сватки Гадяцького р-ну Полтавської обл. Вміст важких металів у зразках ґрунту визначено у відділі агроекології та аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН України». Концентрації рухомих форм важких металів у ґрунті територій, прилеглих до ТЕС та золовідвалу № 1 Бурштинської ТЕС складали: 0,01-0,5 ГДК для цинку, 0,7-5,6 ГДК для свинцю, 0,2-0,6 ГДК для кадмію, 0,2-1,3 ГДК для марганцю (табл. 1).

Таблиця 2. Частота і спектр хромосомних аберацій у озимій пшениці за дії мутагенів ґрунтів зони впливу Бурштинської ТЕС

Місце відбору зразків	Вивчено анателофаз мітозів, шт.	Мітози з порушеннями і хромосомними абераціями		Спектр порушень мітозу та хромосомних аберацій									
		шт.	%	фрагменти		мости		мости + фрагменти		мікроядра		відстаючі хромосоми	
				шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Альбатрос одеський													
с. Сватки Полтавської обл. (контроль)	1291	7	0,54±0,22	1	0,08	6	0,47	0	0,00	0	0,00	0	0,00
1 км від ТЕС	1195	12	1,00±0,29	3	0,25	7	0,59	0	0,00	2	0,17	0	0,00
3 км від ТЕС	1282	13	1,01±0,28	5	0,39	5	0,39	1	0,08	1	0,08	1	0,08
5 км від ТЕС	1248	17	1,36±0,33*	4	0,32	13	1,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00
12 км від ТЕС	1328	15	1,12±0,29	9	0,68	4	0,30	0	0,00	0	0,00	2	0,15
Золівдвал № 1	1101	18	1,63±0,38*	6	0,55	11	1,00	0	0,00	0	0,00	1	0,09
Зимоярка													
с. Сватки Полтавської обл. (контроль)	1200	9	0,75±0,25	5	0,42	4	0,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00
1 км від ТЕС	1496	22	1,47±0,10*	5	0,33	13	0,87	1	0,07	1	0,07	2	0,13
3 км від ТЕС	1047	19	1,82±0,41*	5	0,48	10	0,96	3	0,29	0	0,00	2	0,19
5 км від ТЕС	1350	23	1,70±0,35*	11	0,82	9	0,67	0	0,00	2	0,15	1	0,07
12 км від ТЕС	1098	12	1,10±0,31	6	0,55	5	0,46	0	0,00	0	0,00	1	0,09
Золівдвал № 1	1063	14	1,32±0,35	8	0,75	6	0,56	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Примітка. Тут і в табл. 3: * - різниця з контролем статистично вірогідна при $p \leq 0,05$.

Насіння пророщували за температури 24-26°C в чашках Петрі, в які вносилися ґрунт з досліджуваних точок, зволожений дистильованою водою. Первинні корені завдовжки 0,8-1,0 см фіксували 1,5 год в «оцтовому алкоголі» та в подальшому піддавали мацерації дією 1 н HCl. З апікальної меристеми коренів, забарвлених ацетоорсеїном, виготовляли тимчасові давлені препарати (Паушева, 1988). Частоту хромосомних порушень визначали за відношенням кількості абераційних клітин до загальної кількості клітин на стадії анафази та ранньої телофази. Вибірка становила не менше 1000 клітин для кожного варіанта. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали загальноприйнятими методами (Доспехов, 1985), достовірність різниці оцінювали за t -критерієм Ст'юдента. У таблицях наведені середні арифметичні та їх стандартні похибки.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз частоти хромосомних аберацій в меристематичних клітинах коренів озимій пшениці, насіння якої пророщено в зразках ґрунту поблизу Бурштинської ТЕС, показав її зростання порівняно з контролем в 1,9-2,5 раза у сорту Альбатрос одеський та в 1,5-2,4 раза у сорту Зимоярка (табл. 2). Найбільшу кількість хромо-

сомних аберацій зафіксовано за умов впливу забруднень ґрунту 3-5-кілометрової зони. Суттєвого перевищення частоти абераційних клітин проростків, які зазнали дії факторів ґрунту, відібраного на відстані 1 та 12 км від джерела забруднення порівняно з контрольним рівнем не виявлено. Однак, забруднення ґрунту в межах 1 км від ТЕС викликало появу у меристемі коренів проростків сорту Зимоярка 1,47±0,10% клітин з хромосомними порушеннями, що достовірно перевищувало показники контролю (0,75±0,25%). Аналізи вмісту токсичних елементів у ґрунті поблизу Бурштинської ТЕС за даними інших авторів (Грабовський та ін., 2011; Шквар, 2011) також показали їх максимальне накопичення в межах відстаней 3-8 км від джерела забруднення за напрямком домінуючих вітрів. Свинець, навіть у невисоких концентраціях, є одним із найнебезпечніших забруднювачів довкілля, який здатний пригнічувати репараційні процеси, посилюючи тим самим генетичні наслідки впливу низьких доз радіації (Аптикаєва та др., 2001; Мусієнко та ін., 2002; Ягунов та др., 2006). На підставі одержаних результатів можна припустити, що підвищений рівень хромосомних аберацій, спричинений забруднювачами ґрунту, є результатом синергічної дії щонайменше двох мутагенних чинників – свинцю та первинних радіонуклідів.

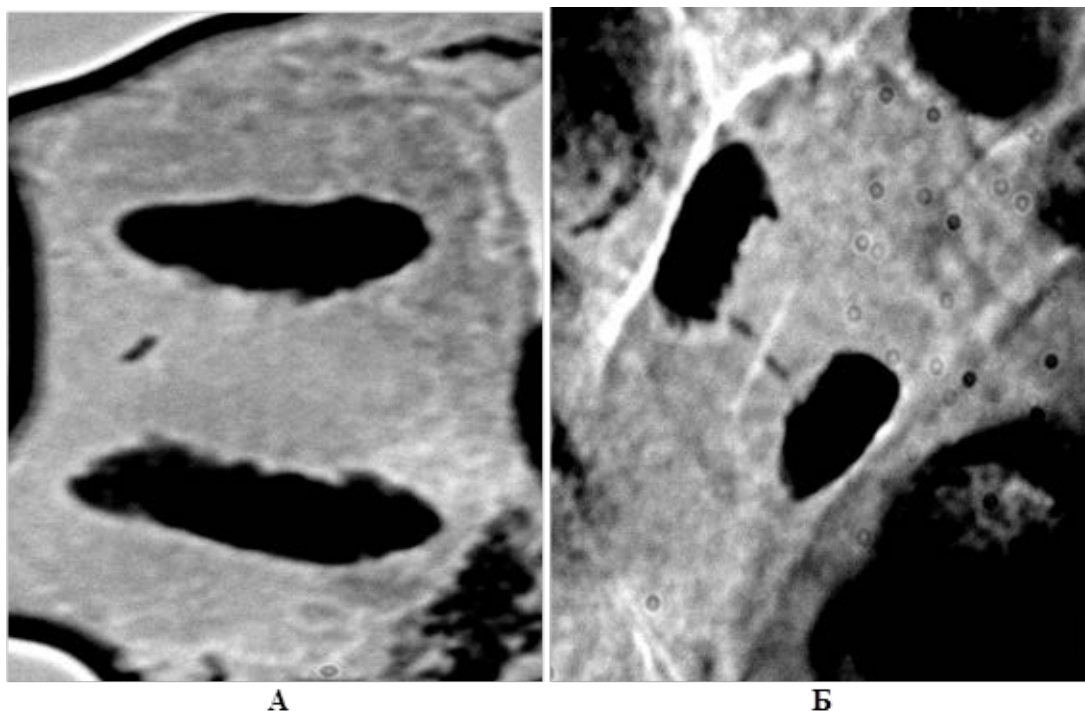


Рис. 1. Одиничні (А) й парні (Б) ацентричні фрагменти

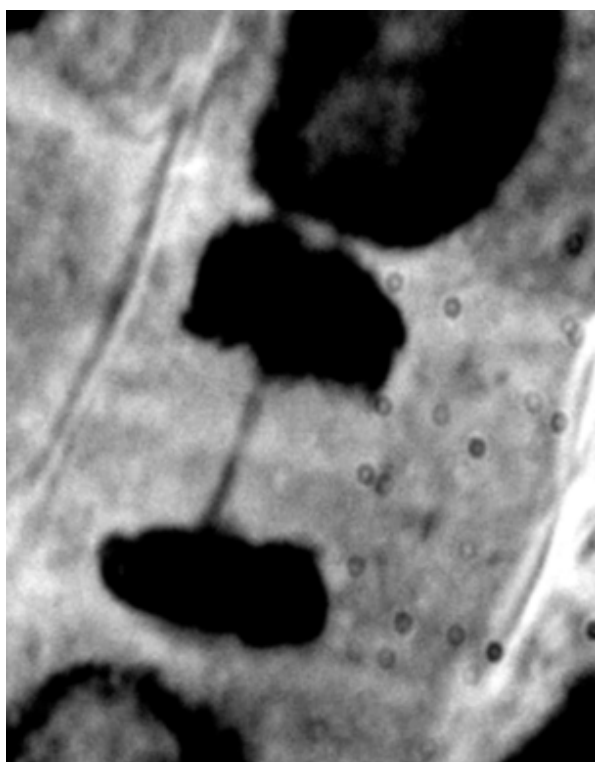


Рис. 2. Дицентричний міст

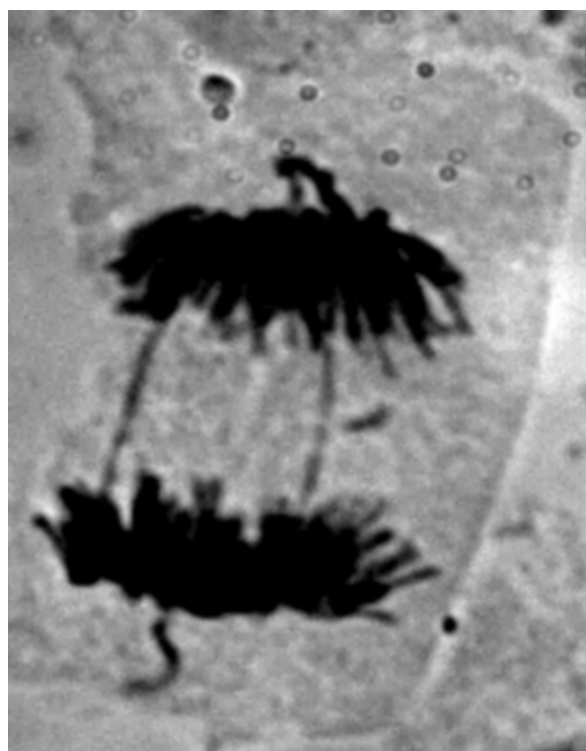


Рис. 3. Клітина з множинними аберациями

Зростання рівня цитогенетичних порушень виявлено також за умов впливу полутантів ґрунту в межах золовідвалу № 1. Частота клітин з хромосомними порушеннями була на рівні $1,63 \pm 0,38\%$ у пшениці сорту Альбатрос одеський і $1,32 \pm 0,35\%$ – у сорту Зимоярка, що в 3,0 та 1,8 рази перевищувала рівень контролю.

Спектр хромосомних абераций, індукований адсорбованими ґрунтом 3- і 5-кілометрової зони викидами Бурштинської ТЕС, переважно включав одиничні й парні ацентричні фрагменти і дицентричні мости (рис. 1, 2). Типи хромосомних порушень за умов впливу ґрунту, відібраного на відстані 1 і 12 км від джерела забруд-

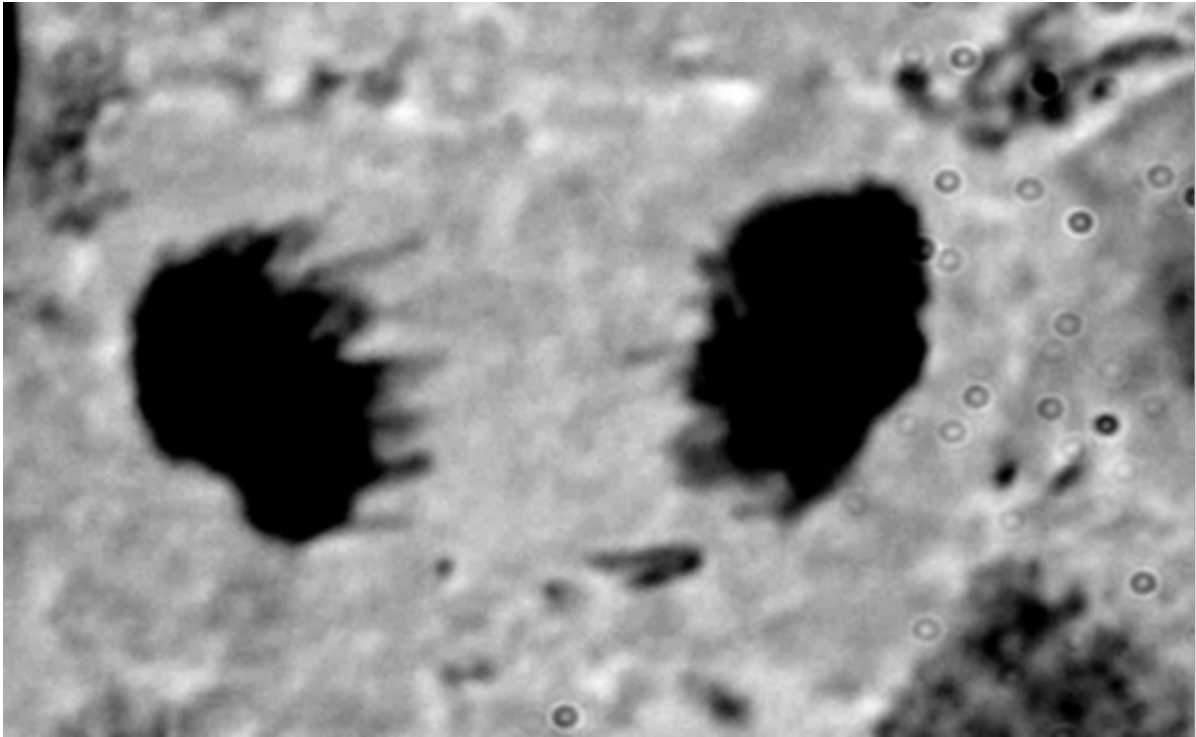


Рис. 4. Відстаюча хромосома

нення, представлені одиничними ацентричними фрагментами і хроматидними мостами. Клітини з парними фрагментами і хромосомними мостами зустрічалися в поодиноких випадках. Частота клітин з множинними аберациями складала 0,07-0,29% і їх появу переважно спричиняли фактори забруднення ґрунту 3-кілометрової зони (рис. 3).

Поряд із зазначеними хромосомними аберациями у клітинах дослідних зразків, на відміну від контрольних, виявлено мікроядра та відстаючі хромосоми (рис. 4). Останні є індикаторами аномалій мітозу і свідчать про анеугенну дію забруднюючих факторів (Maffei et al., 2000; Сусков и др., 2008). Вони фіксувалися з частотою 0,08-0,19%. Пророщування насіння пшениці сорту Зимоярка в ґрунті з 1-кілометрової зони призводило до появи клітин з триполюсним мітозом.

Високий рівень хромосомних перебудов, викликаний забрудненням ґрунту у місці золовідвалу № 1 Бурштинської ТЕС, не супроводжувався широким спектром їх типів і переважно включав ацентричні фрагменти й дицентричні мости. У меристематичних клітинах проростків пшениці сорту Альбатрос одеський, на відміну від сорту Зимоярка, переважаючим типом абераций були саме парні фрагменти й хромосомні мости. Серед них також виявлено і анафазну клітину з відстаючою хромосомою.

Для цитогенетичної оцінки рівня мутагенного забруднення прилеглих до низки теплових електростанцій територій насіння озимої пшениці пророщували у пробах ґрунту, відібраних на відстані 3-5 км від джерел викидів. Найвищий рівень хромосомних абераций в меристематичних клітинах проростків пшениці – $1,20 \pm 0,33\%$, $1,19 \pm 0,33\%$, $1,20 \pm 0,33\%$, $1,22 \pm 0,31\%$ у сорту Альбатрос одеський та $1,60 \pm 0,35\%$, $1,99 \pm 0,37\%$, $1,63 \pm 0,38\%$, $1,49 \pm 0,37\%$ у сорту Зимоярка виявлено в умовах найінтенсивніших забруднень ґрунтів важкими металами на територіях, прилеглих до Курахівської, Зуївської, Старобешівської та Запорізької ТЕС, що статистично достовірно перевищувало показники контролю в 1,7 рази і 2,3-3,0 рази, відповідно (табл. 3). Викиди Криворізької та Вуглегірської ТЕС, які адсорбовані ґрунтом з найменшим вмістом рухомих форм важких металів, відібраного на відстані 3 і 5 км від джерел забруднення, виявляли найнижчий генотоксичний ефект. Частота індукованих ними хромосомних абераций складала $0,82 \pm 0,29\%$ і $0,99 \pm 0,30\%$ у сорту Альбатрос одеський та $1,19 \pm 0,33\%$ і $0,85 \pm 0,24\%$ у сорту Зимоярка і суттєво не відрізнялася від показників контролю – $0,71 \pm 0,22\%$ і $0,66 \pm 0,23\%$, відповідно. Однак забруднення ґрунту 3-кілометрової зони Вуглегірської ТЕС спричиняло появу у коренях проростків сорту Зимоярка $1,44 \pm 0,37\%$ клітин з хромосомними порушеннями, що у 2,2 рази

ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА МУТАГЕННОГО ВПЛИВУ

Таблиця 3. Частота і спектр хромосомних аберацій в озимій пшениці за дії мутагенів ґрунтів зони впливу ТЕС України

Місце відбору зразків	Вивчено анателофаз мітозів, шт	Мітози з порушеннями і хромосомними абераціями		Спектр порушень мітозу та хромосомних аберацій											
		шт.	%	фрагменти		мости		мости + фрагменти		мікроядра		відстаючі хромосоми		інші порушення	
				шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Альбатрос одеський															
с. Сватки Полтавської обл. (контроль)	1409	10	0,71±0,22	4	0,28	5	0,36	0	0,00	0	0,00	1	0,07	0	0,00
Вуглегірська ТЕС (3 км)	1101	11	1,00±0,30	5	0,45	4	0,36	0	0,00	0	0,00	2	0,18	0	0,00
Вуглегірська ТЕС (5 км)	1115	11	0,99±0,30	5	0,45	4	0,36	0	0,00	0	0,00	2	0,18	0	0,00
Курахівська ТЕС (3 км)	1082	13	1,20±0,33	5	0,46	6	0,56	1	0,09	0	0,00	1	0,09	0	0,00
Зуївська ТЕС (3 км)	1095	13	1,19±0,33	7	0,64	3	0,27	1	0,09	0	0,00	2	0,18	0	0,00
Старобешівська ТЕС (3 км)	1087	13	1,20±0,33	5	0,46	3	0,28	1	0,09	1	0,09	2	0,18	1	0,09
Запорізька ТЕС (3 км)	1229	15	1,22±0,31	6	0,49	6	0,49	0	0,00	1	0,08	1	0,08	1	0,08
Криворізька ТЕС (3 км)	978	8	0,82±0,29	3	0,31	2	0,21	0	0,00	1	0,10	2	0,21	0	0,00
Зимоярка															
с. Сватки Полтавської обл. (контроль)	1210	8	0,66±0,23	5	0,41	3	0,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Вуглегірська ТЕС (3 км)	1043	15	1,44±0,37	6	0,58	5	0,48	2	0,19	0	0,00	2	0,19	0	0,00
Вуглегірська ТЕС (5 км)	1416	12	0,85±0,24	8	0,57	4	0,28	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Курахівська ТЕС (3 км)	1314	21	1,60±0,35*	11	0,84	9	0,69	0	0,00	0	0,00	1	0,08	0	0,00
Зуївська ТЕС (3 км)	1458	29	1,99±0,37*	10	0,69	15	1,03*	0	0,00	0	0,00	4	0,27	0	0,00
Старобешівська ТЕС (3 км)	1106	18	1,63±0,38*	8	0,72	8	0,72	0	0,00	0	0,00	2	0,18	0	0,00
Запорізька ТЕС (3 км)	1075	16	1,49±0,37	6	0,56	9	0,84	0	0,00	1	0,09	0	0,00	0	0,00
Криворізька ТЕС (3 км)	1092	13	1,19±0,33	8	0,73	2	0,18	0	0,00	2	0,18	0	0,00	1	0,09

вище від рівня контролю, в той час як частота аберацій у сорту Альбатрос одеський залишилася на рівні попереднього варіанта. Збільшення кількості хромосомних аберацій та депресивні зміни мітотичної активності клітин відносно спонтанного рівня зафіксовано і у дослідженнях мутагенного впливу на рослинні і тваринні об'єкти забруднень ґрунту, води і золи із промислових зон Бурштинської та Добротвірської ТЕС (Миленька, 2009; Баранов та ін., 2014). Авторами також виявлено тісну лінійну залежність між цитогенетичними показниками

тест-об'єкта і ступенем забруднення ґрунту важкими металами.

Серед типів хромосомних порушень переважно зустрічалися одиничні й парні ацентричні фрагменти, дицентричні мости, відстаючі хромосоми. Поодинокі зустрічалися кільцеві ацентричні хромосоми та викиди хроматину (табл. 3). Висока частота аберацій, спричинена мутагенами ґрунту, відібраного поблизу Курахівської, Зуївської, Старобешівської та Запорізької ТЕС, супроводжувалася широким спектром хромосомних перебудов і аномалій мітозу,

зокрема потрійними дицентричними мостами і потрійними фрагментами, відстаючими одиничними й парними хромосомами, мікроядрами. Забруднення ґрунтів поблизу Курахівської, Зуївської, Старобешівської ТЕС індукували у проростках сорту Альбатрос одеський мультиаберантні клітини з частотою 0,9%, які включали ацентричний фрагмент і хроматидний чи хромосомний міст, парні ацентричні фрагменти і відстаючу хромосому. Мультиаберантні клітини у проростках сорту Зимоярка виявлено з частотою 0,19% лише за умов впливу забруднень території 3-кілометрової зони Вуглегірської ТЕС.

Таким чином, комплексна дія забруднювачів ґрунту територій, прилеглих до Бурштинської ТЕС та золовідвалу № 1, спричиняє підвищення в 1,5-2,5 та 1,8-3,0 рази, відповідно, рівня цитогенетичних порушень в меристематичних клітинах коренів проростків озимої пшениці. Найвища частота хромосомних аберацій виявлена за умов впливу мутагенів ґрунту, відібраного на відстані 3 і 5 км від джерела забруднення. Частота хромосомних аберацій, індукованих мутагенами ґрунту територій, прилеглих до Курахівської, Зуївської, Старобешівської та Запорізької ТЕС, перевищувала в 1,7-3,0 рази контрольні показники. Рівень цитогенетичних порушень у клітинах проростків, вирощених у ґрунті з прилеглих до Криворізької та Вуглегірської ТЕС територій, виявився найнижчим і суттєво не відрізнявся від показників контролю. Спектр аберацій переважно представлений одиничними і парними фрагментами й дицентричними мостами. Підвищені рівні цитогенетичних порушень супроводжувалися збільшенням типів хромосомних перебудов та появою клітин з множинними абераціями. Шкідливі викиди ТЕС, адсорбовані ґрунтом, спричиняють аномалії мітозу, що виявляються у блокуванні ниток веретена поділу та виникненні клітин з відстаючими хромосомами. Підвищений мутаційний рівень, виявлений поблизу ТЕС, свідчить про загрозу зростання мутаційного навантаження в популяціях організмів на територіях поблизу викидів зі стаціонарних джерел підприємств теплоенергетики та вказує на необхідність систематичного проведення моніторингу територій, прилеглих до теплових електростанцій України.

ЛІТЕРАТУРА

Антикаева Г.Ф., Заичкина С.И., Клоков Д.Ю., Розанова О.М., Смирнова Е.Н., Ахмадиева А.Х. Комбинированное действие солей тяжелых металлов, хронического и острого γ -облучения на величину

цитогенетического повреждения в клетках костного мозга мышей и крыс // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, № 5. – С. 514-518.

Баранов В., Баня А., Боднар Л., Блайда І., Карпенко О. Токсикологічний аналіз води дренажних каналів і золи золовідвалів Добротвірської ТЕС // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Біологічна. – 2014. – Вип. 65. – С. 238-244.

Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Ленинград: Гидрометеороиздат, 1989. – 286 с.

Биттуева М.М., Абилев С.К., Тарасов В.А. Эффективность прогноза канцерогенной активности химических соединений при учете соматических мутаций у сои *Glycine max* (L.) Merrill // Генетика. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 78-87.

Богуславська Л.В., Шупранова Л.В., Вінниченко О.М. Цитогенетична активність меристемних клітин коренів рослин кукурудзи за роздільної та сумісної дії іонів важких металів // Вісн. Укр. тов.-ва генетиків і селекціонерів. – 2009. – Т. 7, № 1. – С. 10-16.

Боднар 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.

Грабовський В., Браташ О. Оцінка радіоактивних викидів Добротвірської ТЕС (Львівська обл.) та їхнього впливу на довкілля // Електроніка та інформаційні технології. – 2011. – Вип. 1. – С. 166-175.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: Колос, 1985. – 370 с.

Захарченко М.П., Хавинсон В.Х., Оникиенко С.Б., Новожилов Г.Н. Радиация, экология, здоровье. – Санкт-Петербург: Гуманистика, 2003. – 336 с.

Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. – К.: Академія, 2006. – 360 с.

Лихолат Ю.В., Григорюк І.П., Балалаєв О.К., Пелипенко О.О., Яворовський П.П. Акумуляція важких металів в органах квітково-декоративних рослин за різних екологічних умов // Доповіді НАН України. – 2007. – № 7. – С. 203-207.

Мамедова А.О. Биоиндикация качества окружающей среды на основе мутационной и модификационной изменчивости растений // Цитология и генетика. – 2009. – Т. 43, № 2. – С. 61-64.

Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутационная селекция пшеницы. – Киев: Наук. думка, 1995. – 624 с.

Миленка М. Цитогенетична оцінка стану ґрунтів Бурштинської урбоєкосистеми // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Біологічна. – 2009. – Вип. 49. С. 128-137.

Муравьев А.Т., Каррыев Б.Б., Ляндебберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. – Санкт-Петербург: Крисма+, 2000. – 164 с.

ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА МУТАГЕННОГО ВПЛИВУ

- Мусянко М.М., Косик О.І. Вплив свинцю на еколого-фізіологічні показники рослин // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер. Біологія. – 2002. – Вип. 36/37. – С. 37-40.
- Наконечний Й.Й. Моніторинг навколишнього середовища ряду регіонів України та застосування природних сорбентів для покращення екологічної ситуації: Автореферат дис. ... канд. хім. наук. – К., 2000. – 17 с.
- Паушева З.П. Практикум по цитології рослин. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
- Програма охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної політики з урахуванням регіональних пріоритетів Полтавської області на період до 2010 року в новій редакції. – Полтава: Полтавський літератор, 2007. – 162 с.
- Сердюк А.М., Тимченко О.І., Єлагін В.В., Галаган В.О., Линчак О.В., Поканевич Т.М., Омельченко Е.М., Брезицька Н.В., Карташова С.С., Вітовська О.П., Горіна О.В., Підгорна О.В., Бондарець І.А., Зінченко Г.Г., Максіян О.І. Здоров'я населення України: вплив генетичних процесів // Журн. АМН України. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 78-92.
- Сусков И.И., Кузьмина Н.С., Сускова В.С. Агаджанян А.В., Рубанович А.В. Индивидуальные особенности трансгенерационной геномной нестабильности у детей ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (цитогенетические и иммуногенетические показатели) // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2008. – Т. 48, № 3. – С. 278-286.
- Тимошевский В.А., Назаренко С.А. Интерфазная цитогенетика в оценке геномных мутаций в соматических клетках // Генетика. – 2005. – Т. 41, № 1. – С. 5-16.
- Швец Л.С. Біоіндикація інтенсивності забруднення довкілля за показниками фертильності пилоквих зерен різних рослин // Досягнення біології і медицини. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 40-44.
- Шквар А.І. Вплив техногенного навантаження Бурштинської ТЕС на прилеглі території // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2011. – Вип. 162. – Ч. 2. – С. 106-110.
- Ягунов А.С., Токалов С.В., Потявина Е.В., Чухловин А. Б.; Киселева Л. Н. Карташев А.В. Сочетанные эффекты пролонгированного действия γ -излучения и ионов тяжелых металлов на систему кроветворения крыс // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2006. – Т. 46, № 1. – С. 23-26.
- Maffei F., Fimognari C., Castelli E., Stefanini G.F., Forti G.C., Hrelia P. Increased cytogenetic damage detected by FISH analysis on micronuclei in peripheral lymphocytes from alcoholics // Mutagenesis. – 2000. – V. 15. – P. 517-523.

Надійшла до редакції
09.12.2014 р.

CYTOGENETIC EVALUATION OF MUTAGENIC EFFECTS ON A ROOT MERISTEM OF *TRITICUM AESTIVUM* CONTAMINATION OF THE TERRITORIES ADJACENT TO STEAM POWER PLANTS

R. A. Yakymchuk

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

A cytogenetic cell analysis of root meristem of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings affected by soil contamination near Ukraine SPPs was made. Soil contamination of the territory adjacent to Burshtynska SPP and ash-disposal area №1 causes the increase of chromosome aberrations by 1.5-2.5 times and 1.8-3.0 times, respectively. Their highest frequency was recorded under the effect of soil mutagens in 3- and 5-km zone. The frequency of chromosome aberrations, induced by soil mutagens, in the territories adjacent to Kurakhivska, Zuyivska, Starobeshivska and Zaporizka SPPs, exceeds control indices by 1.7-3.0 times. The spectrum of chromosome alterations is presented with single and pair fragments and dicentric bridges. A higher mutative level, found near SPPs, confirms the threat of the increase of mutative burden in organism populations which live near emissions from stationary sources of steam power enterprises; it also states the necessity to regularly monitor the territories adjacent to steam power plants.

Key words: *Triticum aestivum* L., chromosome aberrations, cytogenetic analysis, mutagenic level, mitosis disorder

ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА МУТАГЕННОГО ВПЛИВУ

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МУТАГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА КОРНЕВУЮ МЕРИСТЕМУ *TRITICUM AESTIVUM* ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ТЕПЛОВЫМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМ

Р. А. Якимчук

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

Проведен цитогенетический анализ клеток корневой меристемы проростков озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), испытавшей влияние загрязнений почвы вблизи ТЭС Украины. Загрязнение почвы прилегающей к Бурштынской ТЭС территории и золоотвала №1 вызывало повышение уровня хромосомных aberrаций в 1,5-2,5 и в 1,8-3,0 раза, соответственно. Наиболее высокая их частота выявлена при влиянии мутагенов почвы 3- и 5-километровой зоны. Частота хромосомных aberrаций, индуцированных мутагенами почвы, с территорий, прилегающих к Кураховской, Зувеской, Старобешевской и Запорожской ТЭС, превышало контрольные показатели в 1,7-3,0 раза. Спектр хромосомных перестроек преимущественно представлен единичными и парными фрагментами, а также дицентрическими мостами. Повышенный мутационный уровень, выявленный вблизи ТЭС, свидетельствует об угрозе увеличения мутационной нагрузки в популяциях организмов на территориях вблизи выбросов из стационарных источников предприятий теплоэнергетики и указывает на необходимость регулярного проведения мониторинга территорий, прилегающих к тепловым электростанциям.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., хромосомные aberrации, цитогенетический анализ, мутагенный уровень, нарушения митоза