

## *Оригинальные работы*

УДК 571.17: 581.557.24: 621.384.65.

Б.В. СОРОЧИНСЬКИЙ, Г.В. КРІПКА, О.М. КУЧМА

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії  
НАН України, Київ  
E-mail: bvs@public.icub.kiev.ua

### **ХРОНІЧНЕ ОПРОМІНЕННЯ В МАЛИХ ДОЗАХ МОЖЕ ХАРАКТЕРИЗУВАТИСЯ ВЕЛИКОЮ БІОЛОГІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ**



Досліджено особливості утворення хромосомних aberracij (*XA*) в кореневій меристемі цибулі за умови дії хронічного опромінення з різною потужністю доз. Показано, що рівень хромосомних aberracij після хронічного опромінення в дозах 0,87; 2,61; 4,35 сГр залежить від потужності дози опромінення і може досягти показників, що відповідають ефектам від дії великих доз гострого опромінення. Біологічна ефективність хронічного опромінення по відношенню до гострого опромінення за тестом утворення *XA* може описуватися коефіцієнтами з показником від 20 до 1000, що визначається величиною поглиненої дози та режимом опромінення.

© Б.В. СОРОЧИНСЬКИЙ, Г.В. КРІПКА, О.М. КУЧМА,  
2004

ISSN 0564-3783. Цитологія и генетика. 2004. № 6

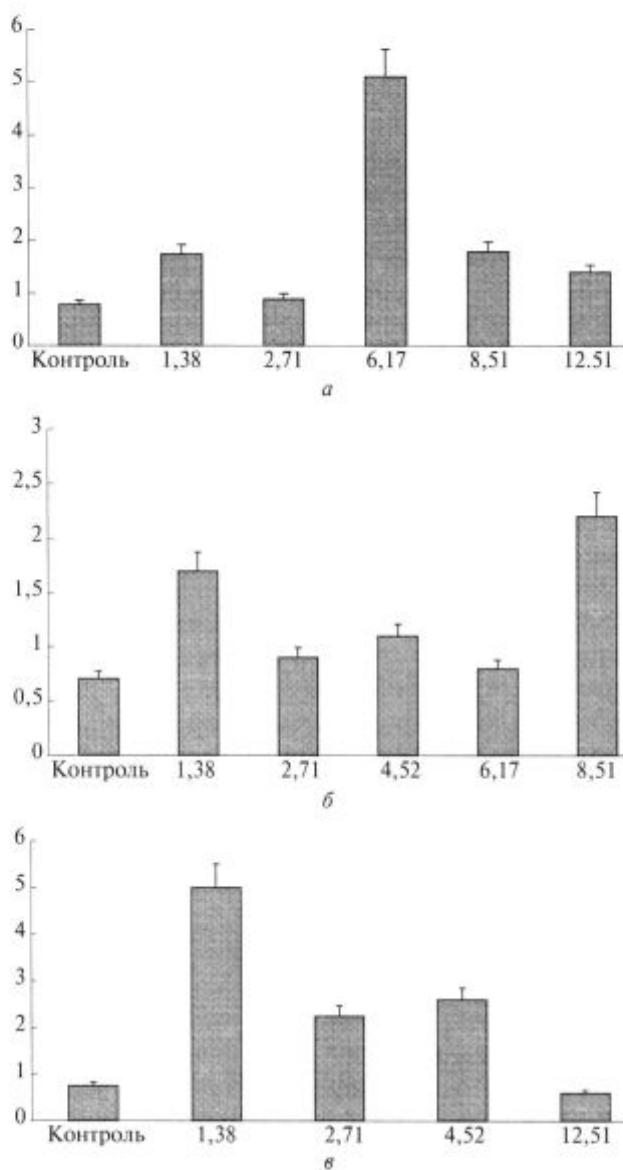
**Вступ.** Вивчення радіобіологічних ефектів хронічного опромінення в малих дозах потребує, без сумніву, врахування показників біологічної ефективності самого режиму хронічного опромінення [1]. Існуюча методологія оцінки ризиків віддалених ефектів опромінення базується насамперед на уявленнях про лінійну залежність «доза–ефект» та апроксимації дозових залежностей, що отримані переважно для великих рівнів опромінення, на весь дозовий діапазон, включаючи і діапазон малих доз. При цьому не враховуються як режим дії самого опромінення, так і можливий нелінійний характер кривих «доза–ефект» в діапазоні малих доз опромінення.

Ефекти потужності дози опромінення в діапазоні середніх і великих доз вивчені досить детально [2, 3]. Існують факти, які свідчать на користь того, що величина прояву радіобіологічних ефектів змінюється відповідно до інтенсивності опромінення. В області великих та середніх доз опромінення радіобіологічні ефекти, як правило, лінійно залежать від потужності самого опромінення, що в певній мірі можна пов'язати з репарацією сублетальних пошкоджень. При високих потужностях опромінення сильно послаблюється можливість репарації такого типу пошкоджень, а при малих, навпаки, є певна вірогідність репарації сублетальних пошкоджень.

Якісно інша картина спостерігається для ефектів потужності дози в області низьких доз опромінення. Дослідження цитогенетичних ефектів низькодозового опромінення дозволило встановити певні залежності величини прояву ефекту від потужності дози, при цьому характер самої залежності змінювався разом з величиною дози, що свідчить про складність цих явищ [4]. На жаль, інформація про залежність величини прояву радіобіологічних процесів від потужності дози в діапазоні низьких рівнів опромінення нечисленна і має дещо суперечливий характер.

Метою цього дослідження був аналіз біологічної ефективності режиму хронічного опромінення в малих дозах в порівнянні з гострим опроміненням. В роботі використовували зручну та чутливу тест-систему «аналіз хромосомних aberracij в кореневій меристемі цибулі».

**Матеріали та методи.** Сухе насіння цибулі *Allium serpa* (сорт Сквирський) опромінювали гамма-променями в різних дозах і з різною потужністю дози. В режимі хронічного опромінення



Кількість клітин із хромосомними аберраціями (по вертикальні, %) в кореневій меристемі *Allium serotum* після опромінення в різних дозах в залежності від потужності дози опромінення (по горизонталі, мК/год). Доза: а – 0,87 сГр; б – 2,61 сГр; в – 4,35 сГр

нення насіння зберігали поруч з колбою, що містила розчин хлористого радіоцеziю. Джерелом гострого опромінення насіння був  $^{60}\text{Co}$ .

В експериментах використовували такі умови опромінення: хронічне опромінення в дозах 0,87; 2,61; 4,35 сГр з різними показниками потужності дози від 1,38 мК/год (5,36 мР/год) до 12,5 мК/год (48,5 мР/год), а також гостре опромінення в дозах 1, 2, 3, 5, 8, 10 Гр.

Опромінене насіння стерилізували в 0,1%-ному розчині перманганату калію (10 хв), після чого насіння замочували та ставили на проростання в термостат. Насіння пророщували в темряві на зволоженому фільтрувальному папері в чашках Петрі протягом 5 діб при температурі 25 °C. Підрахунок кількості клітин з хромосомними аберраціями проводили в давлених препаратах клітин кореневої меристеми 5-денних проростків, візуалізацію хромосом здійснювали фарбуванням ацетоорсейном. В препаратах враховували кількість нормальні мітозів, кількість клітин з розсіяними хромосомами та С-мітозами, а також кількість клітин з хромосомними аберраціями (ХА) у вигляді мостів та фрагментів хромосом. В кожному з експериментів аналізували по 5–10 препаратів корінців, що давало можливість враховувати не менше 900–1500 мітозів (приблизно по 100–300 мітозів на корінець).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Результати аналізу кількості клітин з хромосомними аберраціями в кореневій меристемі цибулі в залежності від дози та умов хронічного опромінення наведені на рисунку, з якого видно, що рівень хромосомних аберрацій, що утворюються в апікальних меристемах корінців цибулі під впливом хронічного опромінення, дійсно залежить від умов опромінення. Важливо відзначити, що навіть при одному й тому ж показнику поглиненої дози опромінення кількість клітин з хромосомними аберраціями може відрізнятися в 5–6 разів. При цьому залежність

Таблиця 1  
Відносна кількість клітин з хромосомними аберраціями (в % до контролю) в клітинах кореневої меристеми 5-денних проростків *A. serotum* в залежності від дози гострого гамма-опромінення

Клітини з аберраціями, %	Доза гострого опромінення, Гр					
	1	2	3	5	8	10
< 100						
> 100		×				
> 200			×			
> 300				×	×	
> 400					×	
> 500						×

Таблиця 2  
Відносна кількість клітин з хромосомними аберраціями (в % до контролю) в клітинах кореневої меристеми 5-денної проростків *A. sera* в залежності від режиму дії хронічного гамма-опромінення

Клітини з аберраціями, %	Загальна поглинена доза та потужність дози хронічного опромінення, сГр та мкК/год відповідно																	
	0,87						2,61						4,35					
	1,38	4,52	6,17	8,51	12,51	1,38	6,17	8,51	12,51	1,38	2,71	4,52	6,17	8,51	12,51			
< 100															x			
> 100	x	x		x			x					x	x					
> 200				x	x		x	x										
> 300										x	x							
> 400																		
> 500		x								x			x					

прояву ефекту від потужності дози опромінення має нелінійний характер, а отримані експериментальні криві мають декілька екстремумів, що не співпадають для різних доз опромінення. Зокрема, максимальний вихід хромосомних аберрацій при дозі в 0,87 сГр реєстрували для опромінення з потужністю 6,17 мкК/год, для дози в 2,61 сГр — для режиму опромінення з потужністю 8,51 мкК/год, а для дози в 4,35 сГр — для опромінення з потужністю 1,38 мкК/год.

Що стосується ефектів опромінення у великих дозах, то в цьому випадку рівень хромосомних аберрацій, що утворюються в кореневій меристемі цибулі після дії гострого опромінення, залежить від величини дози самого опромінення (табл. 1).

Порівнюючи результати, що отримані для хронічного опромінення (табл. 2) за критерієм виходу хромосомних аберрацій в корінцях цибулі, можна зробити висновки, що хронічне опромінення в діапазоні доз від 0,87 до 4,35 сГр викликає ті ж ефекти, що й гостре опромінення в істотно більш високому діапазоні доз — від 1 до 10 Гр. Таким чином, показник біологічної ефективності (ВБЕ) хронічного опромінення по відношенню до гострого становить за використаним тестом від 20 до 1000. Такі високі показники ВБЕ потрібно, без сумніву, враховувати при прогнозуванні віддалених ефектів дії хронічного опромінення в малих дозах, оскільки екстраполяція ефектів з області середніх та високих доз в область низьких доз не зовсім коректна.

За нашим припущенням причиною нелінійності прояву біологічних ефектів в області малих доз опромінення може бути існування невеликого діапазону між дозами, які ще не активують додаткові репаративні системи, а ємності конститутивних систем відновлення при цьому вже не вистачає, щоб повністю лімінувати всі пошкодження, спричинені опроміненням низької інтенсивності і дозами, що викликають активацію індуцибельних систем репарації [5], тобто для індукції додаткових репаративних систем потрібне певне порогове значення пошкоджень геному за одиницю часу. Якщо ж інтенсивність навантаження менша за порогову величину, то можлива ситуація, коли конститутивні системи репарації вже не спроможні відновити всі пошкодження, що були спричинені опроміненням, а активації додаткових систем репарації ще не відбувається.

**SUMMARY.** Chromosomal aberrations (ChA) level was analyzed in the onion root meristem after the chronic irradiation with different dose capacities. It was shown that after the chronic irradiation with doses of 0,87 cGy, 2,61 cGy and 4,35 cGy the level of chromosomal aberrations depended on the dose capacity. Its value may also correspond to those which have been induced with acute irradiation. Biological efficacy of chronic irradiation may be from 20 to 1000 times folder in order to compare it with acute irradiation and this value depends on the irradiation regime.

**РЕЗЮМЕ.** Исследованы особенности образования хромосомных аберраций (ХА) в корневой меристеме лука при условии действия хронического облучения с

разной мощностью дозы. Показано, что уровень хромосомных aberrаций после хронического облучения в дозах 0,87; 2,61; 4,35 сГр зависит от мощности дозы и может соответствовать показателям, которые отвечают действию острого облучения. Биологическая эффективность хронического облучения по отношению к острому облучению может характеризоваться коэффициентом с показателями от 20 до 1000, что определяется значением поглощенной дозы и режимом облучения.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурлакова Е.Б., Голощаков А.Н., Горбунова А.М., Гуревич С.М. и др. Особенности биологического действия малых доз облучения // Радиац. биология. Радиоэкология. — 1996. — 36, вып. 4. — С. 610–632.
2. Гродзинский Д.М. Радиобиология растений. — Киев : Наук. думка, 1989. — 384 с.
3. Шехтман Я.Л. «Фактор времени» в теории биологического действия радиации // Тр. Ин-та биол. физики. — 1955. — 1. — С. 36–37.
4. Гераськин С.А., Дикарев В.Г., Удалова А.А., Спирин Е.В. и др. Анализ цитогенетических последствий хронического облучения в малых дозах посевов сельскохозяйственных культур // Радиац. биология. Радиоэкология. — 1998. — 38, вып. 3. — С. 367–374.
5. Исаенков С.В., Сорочинский Б.В., Соколов Н.В., Гродзинский Д.М. Роль эффекта мощности дозы в индукции однонитевых разрывов ДНК // Укр. биохим. журн. — 1999. — № 4. — С. 103–106.

Надійшла 13.08.04