

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ НА ПОКОЯЩИЕСЯ СЕМЕНА *ARABIDOPSIS THALIANA*

Р. С. КАГГАМАНЯН, И. М. АВАКЯН, Г. М. АВАКЯН

Ключевые слова: покоящиеся семена, рентгеновское излучение, синхротронное излучение, радиационное последствие.

Известно, что СИ обладает рядом характерных особенностей, делающих его уникальным средством исследования в различных областях науки [4]. Литературные данные о радиобиологическом действии СИ ограничиваются единичными исследованиями, в которых показано большее повреждающее действие СИ по сравнению с рентгеновскими лучами [1, 5]. Очевидно, что для детального изучения особенностей СИ необходимо проведение систематических опытов с варьированием экспериментальных условий в широких пределах. Определенный интерес в этом плане представляет сравнение эффектов известных модификаторов при облучении СИ и традиционно используемыми излучениями.

Целью настоящей работы явилось исследование сравнительного действия СИ и рентгеновских лучей на покоящиеся семена *Arabidopsis thaliana*.

Материал и методика. В опытах использовали покоящиеся семена *A. thaliana* лабораторной линии *Encheim-1*, влажность которых доводили до 2,2% (сухие) и 8,3% (влажные) в установках с непрерывно циркулирующим воздухом, пропускаемым в первом случае через чистый глицерин, а во втором—через 60%-ный водный раствор его. Семена с установившейся равновесной влажностью облучали СИ или рентгеновскими лучами.

Облучение СИ проводили на синхротронном канале Ереванского электронного кольцевого ускорителя при энергии электронов 4,5 ГэВ. Конструкция канала такова, что луч СИ по пути к облучаемому объекту проходит через три бериллиевых окошки с суммарной толщиной 0,8 мм. Мощность экспозиционной дозы составляла 70 Кр/мин.

Источником рентгеновских лучей служила установка РУМ-17 с рентгеновской трубкой с вольфрамовым анодом. Облучение проводили без фильтров при анодном напряжении 200 кВ, токе катода 15 мА. Мощность экспозиционной дозы—4,6 Кр/мин. Дозы облучения в обоих случаях измеряли клиническим дозиметром 27012 (ГДР).

Опыты проводили в двух повторностях по следующей схеме. Сначала облучали сухие семена, которые помещали на одну неделю в установку с «сухой» атмосферой для пострадиационного хранения—варианты С_{хр}. По завершении срока хранения облучали остальные две группы семян—сухие (варианты С) и влажные (варианты В). Затем семена замачивали в водопроводной воде в течение 5 ч и высевали на минеральную агаризованную питательную среду в чашках Петри. Существенным в примененной методике было то, что в каждой чашке высевали семена всех трех вариантов (С, С_{хр}, В), получившие определенные дозы облучения, и контрольные (сухие и влажные без облучения). Таким образом, все семена были посеяны в 10 чашках (5 доз СИ и 5 доз рентгеновского облучения) по 250 штук в чашке—около 50 семян на экспериментальную точку. Длину корешков измеряли после 10 дней прорастания на осветительной установке. Подробности методов лабораторных работ с *арбидопсисом* описаны [3].

Результаты и обсуждение. Как правило, начальное поражение семян и величина радиационного последствия находятся в обратной зависимости от содержания влаги в семенах. Эта зависимость наблюдается при влажности от 2—3% до тех максимальных значений ее, при которых семена еще остаются в состоянии покоя [7, 8].

На рисунке показаны зависимости подавления роста корешков от дозы синхротронного и рентгеновского излучений. В таблице приведены параметры линейных участков этих зависимостей, рассчитанные по методу наименьших квадратов. Из представленных данных следует, что хранение сухих семян как после рентгеновского облучения, так и после облучения СИ приводит почти к трехкратному усилению радиационного поражения (варианты С и С_{1р}). Аналогичный эффект неоднократно наблюдался и в предварительных опытах. В предварительных опытах с влажными семенами последствия не было обнаружено. Таким образом, примененная нами методика опытов позволила четко установить наличие радиационного последствия в семенах арабидопсиса. Наличие последствия при облучении СИ в сухих семенах и отсутствие во влажных — картина, качественно сходная с той, которая наблюдалась в исследованиях с традиционными источниками редкоизирующей радиации. Практически одинаковая величина последствия СИ и рентгеновских лучей в сухих семенах не дает оснований полагать, что при облучении СИ формирование, по крайней мере, долгоживущих начальных повреждений имеет какие-либо особенности.

Таблица. Параметры уравнений линейной регрессии $y = ax + b$ и D_{50} для зависимостей доза — эффект

Вариант	Синхротронное излучение			Рентгеновское излучение		
	a, % $\times$ Гр ⁻¹	b, %	D ₅₀ , Гр	a, % $\times$ Гр ⁻¹	b, %	D ₅₀ , Гр
С	-0.097 $\pm$ 0.01	120 $\pm$ 6.6	72	-0.078 $\pm$ 0.01	106 $\pm$ 7.2	718
С _{1р}	-0.341 $\pm$ 0.05	122 $\pm$ 10	211	-0.250 $\pm$ 0.02	112 $\pm$ 4.6	248
В	-0.152 $\pm$ 0.02	112 $\pm$ 7.5	411	-0.162 $\pm$ 0.004	117 $\pm$ 2.8	817

* D₅₀ — дозы, подавляющие рост корешков на 50%.

Иная картина выявляется при сравнении начальных повреждений семян (у семян, замоченных сразу после облучения), индуцированных СИ и рентгеновскими лучами. Приведенные на рисунке данные наглядно показывают, что при облучении СИ влажные семена повреждались значительно сильнее, чем сухие: отношение доз, подавляющих рост корешков на 50%, — ФНД — равно 1,7. Рентгеновское облучение вызывало примерно одинаковое поражение семян независимо от влажности: видна даже некоторая тенденция большего поражения сухих семян. Понять, чем обусловлен такой неожиданный эффект синхротронного излучения, пока не представляется возможным — слишком мало оно изучено в радиобиологическом аспекте. Можно было бы допустить, что к большему повреждающему действию СИ причастны различия и

спектральном распределении энергии этих излучений. Однако в опытах с семенами табака [1] и спорами бактерий [9] не наблюдалось сколько-нибудь существенной разницы в поражающем действии монохроматизированного СИ, использованных длин волн. Обнаруженный феномен нельзя объяснить и высокой интенсивностью СИ, поскольку облучение при большей мощности дозы, как правило, вызывало меньшее поражение семян [2, 6]. Здесь, однако, уместно вспомнить об им-

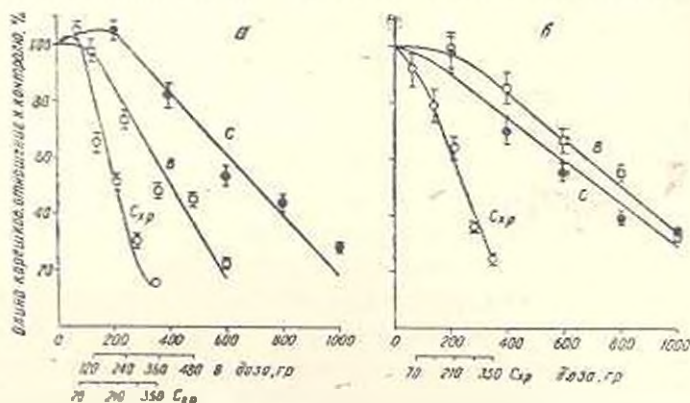


Рис. Поражение семян *A. thaliana* при облучении: а—СИ, б—рентгеновскими лучами. С—влажность 2,2%, t_{xp} —С+недельное хранение; В—влажность 8,3%.

пульсном характере СИ, благодаря которому мгновенные значения его интенсивности могут на три порядка превышать измеряемую среднюю интенсивность [4]. С такими огромными мощностями радиобиологам еще не приходилось работать, и было бы ошибочным при интерпретации эффектов СИ безоговорочно исходить из существующих представлений о влиянии мощности дозы на лучевое поражение семян. Очевидно, что изучение феномена более сильного повреждающего действия СИ является предметом дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян Ц. М., Геворкян С. Г., Карагезян А. С., Корхмязян М. М. Биол. ж. Армении, 32, 11, 1979.
2. Гудков Н. Н. Радиобиология, 9, 5, 1969.
3. Иванова В. И. Радиобиология и генетика арабидопсиса М., 1974.
4. Кунц К. (ред.) Синхротронное излучение. Свойства и применение. М., 1981.
5. Минасян М. А., Авакян Ц. М., Семерджян С. П. Радиобиология, 18, 5, 1978.
6. Царанкин Л. С., Царанкина К. А. Радиобиология. Инф. бюлл., 10, 79, 1967.
7. Conger A. D. J. Cellular Comp. Physiol., 58, 27—32, 1961.
8. Constantin M. J., Conger B. V., Osborne T. S. Radiat. Bot., 10, 539—549, 1970.
9. Steber V. K., Munro I. H. and Tallentire A. Int. J. Radiat. Biol., 45, 5, 539—540.

Ереванский физический институт ГКНАЭ СССР

Поступило 30.IX.1985 г.