

### **Использование клона традесканции в оценке генотоксичности почв с различным содержанием $^{137}\text{Cs}$ в зоне Армянской АЭС**

Агаджанян Э. А., Авалян Р. Э., Атоянц А. Л., Пюскулян К. И., Арутюнян Р. М.

С применением растительного тест-объекта традесканции (клон 02) дана оценка мутагенности и кластогенности почв вокруг Армянской АЭС с учетом содержания в них  $^{137}\text{Cs}$ . Следует отметить высокую чувствительность использованных тестов, особенно Трад-ВТН, позволившей выявить корреляцию генотоксичности с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых образцах почв.

Ключевые слова: *традесканция (клон 02), мутационные события, микроядра,  $^{137}\text{Cs}$ .*

### **Tradescantia clone in assessment of the genotoxicity of soils with different contents of $^{137}\text{Cs}$ in the area of the Armenian NPP**

E. A. Agadjanyan, R. E. Avalyan, A. L. Atoyants, R. M. Aroutiounian, Yerevan State University, Faculty of Biology, Yerevan, Armenia  
Pyuskyulyan K. I., Deputy Manager Radiation Safety Divisions Armenian NPP, Metsamor, Armenia

The mutagenicity and clastogenicity of soils in the area of the Armenian NPP depending from the content of  $^{137}\text{Cs}$  is estimated with the application of the plant test-object Tradescantia (clone 02). The high sensitivity of applied tests, especially of Trad-stamen hairs, that demonstrated the correlation of genotoxicity of soils with different contents of  $^{137}\text{Cs}$  was shown.

Keywords: *tradescantia (clone 02), mutation events, micronuclei,  $^{137}\text{Cs}$ .*

Определение генотоксического воздействия радионуклидов на живые организмы включает проведение экологического мониторинга в зонах размещения АЭС. Это связано с увеличением антропогенной нагрузки на природные экосистемы, примыкающие к атомным электростанциям [2,5].

При поступлении радиоактивных веществ в экосистемы почвенный покров выступает, как правило, в роли мощного природного сорбента, поглощающего радиоактивные продукты и активно включающий их в цепи

питания. Среди долгоживущих радионуклидов в почве  $^{137}\text{Cs}$  является наиболее опасным [4].

В настоящее время в Армении содержание радиоактивных веществ (в частности  $^{137}\text{Cs}$ ) в окружающей среде снизилось, произошло их перераспределение в зависимости от почвенно-климатических и ландшафтных условий [3]. Показано, что воздействие Армянской АЭС на население и окружающую среду ничтожно мало по сравнению с остальными внешними факторами радиационного воздействия [1].

Для обнаружения генетических эффектов ксенобиотиков окружающей среды, в том числе и при радиационно-химическом загрязнении, растительные тест-системы являются наиболее чувствительными. При этом в качестве биоиндикаторной системы обнаружения действия ксенобиотиков и радиационного фона достаточно часто применяются гетерозиготные клоны растения традесканции [6,10], в частности клон 02, обладающий высокой чувствительностью к индукции мутаций даже при низких уровнях радиации.

Целью настоящего исследования явилась оценка мутагенности и кластогенности почв вокруг Армянской АЭС с учетом содержания в них  $^{137}\text{Cs}$  с применением тест-объекта традесканции (клон 02).

### **Материал и методика**

Объектом наших исследований служили цветки растения традесканции (клон 02). Изучали рецессивные (розовые), генетически неопределенные (бесцветные) мутационные события (РМС и БМС соответственно) в волосках тычиночных нитей указанного клона (тест-Трад-ВТН), и некоторые морфологические изменения цветка. Кроме того, определяли частоту образования микроядер (МЯ) в тетрадах микроспор растения (тест-Трад-МЯ). Культивирование растений и анализ данных проводились по международной общепринятой методике [7,8].

В качестве материала для исследования были взяты пять почвенных образцов из районов вблизи Армянской АЭС с разным уровнем содержания радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , Его содержание составляло: I-(АЭС-1)-14,0 бк/кг; II-(АЭС-2) -38,2 бк/кг; III-(АЭС-3)- 7,4 бк/кг; IV-(АЭС-4) -32,8 бк/кг; V-(АЭС-5)- 38,0 бк/кг. В качестве условно-фонового использовали почвенный образец с территории г. Еревана (12,7 бк/кг). По данным литературы радиоактивный цезий аккумулируется в верхнем пятисантиметровом слое почвы, поэтому все пробы почвы отбирались с верхнего слоя 0–5 см. [1]. Опытные растения

выращивались непосредственно в исследуемых образцах почв в тепличных условиях.

При применения теста Трад-ВТН учет мутационных событий (МС) и некоторых морфологических изменений цветка проводились в расчете на 1000 волосков. В каждой пробе анализировали 11–16 тыс. ВТН.

Для проведения теста Трад-МЯ, цветочные бутоны фиксировались в ацеталкоголе (3:1), готовились временные ацетокарминовые препараты и анализировали тетрады микроспор, в среднем по 100 тетрад. В каждом варианте рассматривалось по 3000 тетрад. В образцах III и V просматривали по 1000 тетрад, ввиду отсутствия у данных вариантов полноценных пыльников.

Статистическая обработка результатов включала определение коэффициента парной корреляции с применением программы IBM SPSS Statistics 19.

## Результаты и обсуждение

При изучении генных мутаций в соматических клетках тычиночных нитей традесканции с применением биотеста Трад-ВТН отмечалось повышение частоты РМС в вариантах II, IV и V, превосходящее значение условно фоновой частоты в 2–4 раза соответственно. Максимальное повышение частоты РМС наблюдалось в почвенной пробе IV, где ее значение превысило контроль в 4 раза (таблица 1).

При выявлении уровня БМС в клетках клона 02 традесканции, повышенная частота появления данных МС также отмечалась в вариантах II, IV и V и была выше контрольного уровня в 4,5 — 6,0 раз соответственно. Наибольшая частота БМС наблюдалась в варианте V и составила  $19,2 \pm 1,2$ , что в 6 раз превосходит уровень фона.

Помимо мутационных событий были обнаружены и морфологические изменения тычиночных волосков, среди которых наиболее чаще встречались невыжившие (НВ) и разветвленные волоски (РВ). Наибольшая частота образования НВ отмечалась также в опытных вариантах II, IV и V и превышала контрольный уровень в среднем в 2 раза.

Следует отметить, что уровень всех мутационных событий и появление высокого процента НВ наблюдалось в опытных вариантах с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

По данным биотеста Трад-ВТН была отмечена положительная значимая корреляция между уровнем всех МС (РМС, БМС), а также наблюдаемых морфологических изменений (НВ и РВ) и содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных пробах. Так, коэффициент корреляции для РМС с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  составил  $r = 0,80$  ( $p < 0,001$ ); для БМС  $r = 0,90$  ( $p < 0,001$ ); для НВ  $r = 0,87$  ( $p < 0,001$ ); для РВ  $r = 0,60$  ( $p < 0,01$ ).

*Таблица 1 — Индукция генетических эффектов в клетках Традесканции (клон 02) в исследуемых образцах почв*

Вариант	137Cs бк/кг	Тест Трад-ВТН			Тест Трад-МЯ	
		РМС	БМС	НВ	Тетрады с МЯ	МЯ в тетрадах
		1000/±m	1000/±m	1000/±m	100/±m	100/±m
I	14,0	0,47±0,19	11,47±0,94***	1,57±0,35	2,73±0,29	3,37±0,33
II	38,2	1,18±0,31**	18,08±1,18***	5,53±0,66**	5,36±0,41***	6,07±0,43***
III	7,4	0,40±0,18	6,33±0,71***	2,14±0,41	5,55±0,71***	6,91±0,20***
IV	32,8	1,89±0,39***	14,10±1,05***	3,86±0,55	5,60±0,41***	6,87±0,46***
V	38,0	1,10±0,29*	19,21±1,22***	6,30±0,70***	5,30±0,70**	6,00±0,75**
K	12,7	0,47±0,19	3,15±0,50	3,54±0,53	2,83±0,30	3,40±0,33

Полученные результаты не противоречат выводам работы Minouflet M. [9] по оценке повреждений ДНК, индуцированных малыми дозами  $^{137}\text{Cs}$ , где сравнивались три растительных теста: тест- Vicia-МЯ, тест-Трад-МЯ и тест-Трад-ВТН (использовали клон 4430 традесканции). Эксперименты проводились с различными уровнями радиоактивности, используя твердые или жидкие источники  $^{137}\text{Cs}$ . Все тесты показали свою чувствительность при оценке генотоксических последствий низких доз радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ .

На основе проведенной работы можно также отметить высокую чувствительность использованных тестов, особенно Трад-ВТН, позволивших выявить корреляцию генетических изменений с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых образцах почв.

### Список литературы

1. Авакян Р.М., Арутюнян Г.Г., Атоян В.А., Овсепян А.В., Пюскюлян К.И., Чубарян Э. В. Исследование пространственного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почве в районе размещения Армянской АЭС. //Известия НАН Армении, Физика, 2009, т.44, N 1, с.54–63.
2. Ананян В.Л., Араратян Л. А. Атмосферные выпадения, их химический состав и радиоактивность в Арм. ССР // Ереван, 1990, 92с.
3. Налбандян А.Г. О содержании  $^{137}\text{Cs}$  в почвах города Еревана // Матер. IV Республ. Научн.конф. Проблемы экологии городов, Ереван, 2003, с.218–219.
4. Цветнова О.Б., Липатов Д.Н., Щеглов А. И. Особенности динамики структуры полей загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  на дальнем следе Чернобыльских выпадений //Вестн. МГУ, Почвоведение, 2007, сер. 17, с.28–34.
5. Ichikawa S., Nakano A., et al. Yearly variation of spontaneous somatic mutation frequency in the stamen hairs of *Tradescantia* ground outdoors, which showed a significant increase after the Chernobyl accident //Mutat. Res., 1996, 349 (2), p.249–259.
6. Leal T.C. and Kelecom A. Higher Plants as a Warning to Ionizing Radiation: *Tradescantia*. In «Biosensors for Health, Environment and Biosecurity». //Ed. by P. A. Serra, In Tech Europe, Rijeka, Croatia, 2011, p.527–540.
7. Ma T.-H., Cabrera G.L., Cebulska-Wasilewska A., Chen R., Loarea F., Vanderberg A.L., Salomone M. F. *Tradescantia* stamen hair mutation bioassay. /Mutat. Res., 1994(a), 310 (2), p. 211–220.
8. Ma T.-H., Cabrera G.L., Chen R., Gill B.S., Sandhu S.S., Vanderberg A.L., Salomone M. F. *Tradescantia* Micronucleus Bioassay. // Mutat. Res., 1994 (b), 310 (2), p. 220–230.
9. Minouflet M., Ayrault S., Badot P.M., Cotelle S., Ferard J. F. Assessment of the genotoxicity of  $^{137}\text{Cs}$  radiation using *Vicia*-micronucleus, *Tradescantia*-micronucleus and *Tradescantia*-stamen-hair mutation bioassays. //J. Environ Radioact. 2005; 81 (2–3), p.143–53.

10. Misik M., Ma T-H., Nersesyan A., Monarca S., Kim J.K. and Knasmueller S. Micronucleus assays with *Tradescantia* pollen tetrads: an update. // *Mutagenesis*, 2011, vol. 26, no. 1, p.215–221.