

Биология

УДК 502.7+575

А. А. ОГАНЕСЯН, А. К. САГАТЕЛЯН, А. С. МОВСЕСЯН, Р. М. АРУТЮНЯН

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НЕКОТОРЫХ
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕРЕВАНА С УЧЕТОМ РАЗМЕРОВ ИХ ГЕНОМОВ**

Представлены результаты исследования накопления ряда тяжелых металлов (Cu, Pb, Ni, Mo, Zn, Ag) в листьях некоторых древесных пород, растущих на территории г. Еревана на участках с различным уровнем загрязнения почв этими элементами. Наибольшей устойчивостью к загрязнению и наивысшей степенью накопления тяжелых металлов (суммарные концентрации) характеризуется тополь белый. Из электронной базы данных получены значения C-value (гаплоидное содержание ДНК) изученных древесных пород. Выявлена некоторая корреляция между размерами геномов этих деревьев и их устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами. Виды с маленьким размером генома и высокой степенью накопления тяжелых металлов могут быть рекомендованы для проведения биомониторинга и фитомелиорации загрязненных почв.

Введение. Из всех классов неорганических соединений, поступающих в биосферу, наибольшее внимание привлекают тяжелые металлы. Некоторые из них необходимы живым организмам, поскольку входят в состав протетических групп важных биомолекул. Однако потребность в них невелика, и превышение естественных уровней содержания этих элементов приводит к тяжелым нарушениям метаболизма и интоксикации. Помимо этого, многие живые организмы склонны к бионакоплению и магнификации тяжелых металлов [1]. Экологическая магнификация может привести к проявлению довольно опасных отдаленных воздействий токсикантов на уровне популяций и экосистем, даже в случае их первоначально безопасных доз. Поэтому крайне важен поиск сообществ-мишеней, которые наиболее чувствительны к подобным воздействиям и, следовательно, должны стать первичными объектами экологической стандартизации.

Вследствие интенсивного развития промышленности, химизации сельского хозяйства и использования сточных вод для орошения земель повышается уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Это наносит значительный урон сельскому и лесному хозяйствам, всем живым организмам и, в конечном итоге, всей биосфере. В настоящее время в мировой практике оценка качества природной среды осуществляется на основе экологического мониторинга, важнейшей

частью которого является биологический мониторинг. При осуществлении последнего используется широкий набор методических приемов, среди которых большинство исследователей отдает предпочтение фитоиндикации, основанной на изучении реакции растительных объектов на антропогенное воздействие [2]. Важнейшим этапом в биологическом мониторинге является выбор растений-биоиндикаторов, способных интенсивно накапливать загрязнители. Широкое распространение в практике биологического мониторинга при оценке уровня техногенного загрязнения среды получил анализ химического состава листьев хвойных и лиственных древесных пород.

При проведении мониторинга важное значение имеет определение размеров генома растений и выявление его возможной связи с устойчивостью растений к загрязнению. Данные по размерам ядерного генома, которые выражаются как C-value [3], используются в различных областях науки: в систематике, экологии, охране окружающей среды, клеточной и молекулярной биологии и физиологии [4]. Эти данные необходимы для детального изучения структуры и эволюции генома. Выбор видов для дальнейших проектов секвенирования геномов зависит от размеров их геномов [5]. В 1997 году было решено объединить все опубликованные данные в одну базу данных. Это сделало их доступными в виде соответствующей электронной базы данных (<http://data.kew.org/cvalues/>), созданной в Kew Royal Botanic Gardens (Лондон), которая постоянно обновляется и содержит ряд необходимых дополнений, например: число хромосом, уровень пloidности, тип жизненного цикла, а также стандарт и методы калибровки данных.

Выявление древесных пород с наивысшей степенью накопления тяжелых металлов дает возможность использовать их в деcontаминации загрязненных тяжелыми металлами почв (фиторемедиация). Этот сравнительно недорогой метод в последнее время рассматривается как альтернатива традиционным методам восстановления загрязненных почв и может быть использован для решения одной из важнейших задач экологической агрохимии – осуществления контроля содержания химических веществ в растительной продукции [6, 7].

Результаты, основанные на полевых исследованиях, прямо свидетельствуют о том, что наличие большого генома у растений снижает их выживаемость в экстремальных условиях произрастания [8–10].

Аналогичные данные были получены при изучении возможной связи между размерами генома и вероятностью исчезновения некоторых групп растений и животных [11–13].

Материалы и методика. В качестве растений-биоиндикаторов при биологическом мониторинге были использованы тополь белый (*Populus alba*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*) и робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia*), в листьях которых в 2004–2007 гг. определяли содержание некоторых тяжелых металлов –Cu, Pb, Ni, Mo, Zn, Ag (мг/кг сухого вещества).

Отбор проб листьев деревьев-биоиндикаторов проводили на 11 разных участках города с учетом техногенной нагрузки в конце вегетационного периода. В растительных пробах после предварительной обработки (размельчение, сушка, мокрое озоление) определяли концентрации элементов с помощью атомно-абсорбционного анализатора Analyst-800 (Perkin Elmer, USA).

Данные для сравнения размеров геномов исследуемых деревьев, растущих на территории г. Еревана на участках с различным уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами, и их чувствительности к загрязнению были получены из базы данных C-values ДНК покрытосеменных (release 6.0, Oct. 2005, <http://www.kew.org/cvalues/>). Размер генома был оценен методами денситометрии по Фельгену [5] и цитометрии изображений ДНК – современной версией метода Фельгена [14].

Результаты и их обсуждение. Известно, что содержание тяжелых металлов в тестируемых биоиндикаторах зависит от вида биоиндикатора, индивидуальных особенностей растений, количества и продолжительности действия загрязнителей, а также от различных природно-климатических факторов [15].

Концентрации тяжелых металлов (Cu, Pb, Ni, Mo, Zn, Ag) в листьях растений г. Еревана

Место пробо-отбора	Уровень* загрязнения почв	Cu	Pb	Ni	Mo	Zn	Ag	Сумм.	C-value
		мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг		
Тополь белый – <i>Populus alba</i>									
1	4	25,00	5,63	5,63	2,50	43,75	0,25	82,75	0,52
2	2	31,25	5,63	6,25	1,88	37,50	0,25	82,75	
3	3	31,25	5,00	5,63	2,50	43,75	0,31	88,44	
4	3	18,75	5,63	5,00	0,50	43,75	0,13	73,75	
5	3	31,25	5,00	5,63	0,50	37,50	0,13	80,00	
7	4	18,75	6,25	5,63	1,88	43,75	0,13	76,38	
8	1	18,75	5,00	5,63	0,50	37,50	0,13	67,50	
10	3	18,75	6,25	6,25	1,88	37,50	0,25	70,88	
11	2	18,75	5,00	5,00	1,88	43,75	0,13	74,50	
12-фон	1	12,06	3,96	1,072	0,241	26,8	0,008	44,14	
Ясень обыкновенный – <i>Fraxinus excelsior</i>									
1	4	22,20	5,55	5,00	0,44	38,85	0,11	72,15	0,98
2	2	22,20	4,44	4,44	1,67	33,30	0,22	66,27	
3	3	16,65	3,89	5,00	2,22	22,20	0,28	50,23	
4	3	11,10	4,44	4,44	2,22	22,20	0,22	44,62	
5	3	27,75	5,00	5,55	0,44	38,85	0,22	77,81	
6	3	27,75	3,89	4,44	1,67	27,75	0,11	65,60	
7	4	27,75	5,00	5,00	2,22	33,30	0,11	73,37	
8	1	22,20	5,00	4,44	0,44	33,30	0,11	65,49	
9	2	13,32	4,44	5,00	2,22	22,20	0,11	47,29	
10	3	22,20	5,55	5,55	1,67	38,85	0,22	74,04	
11	2	22,20	5,00	4,44	0,44	33,30	0,11	65,49	
12-фон	1	15,84	6,6	1,056	0,198	23,76	0,009	47,46	
Робиния лжеакация – <i>Robinia pseudoacacia</i>									
1	4	21,80	5,45	6,00	1,31	16,35	0,22	51,12	0,65
2	2	8,18	3,27	4,36	1,31	16,35	0,11	33,57	
3	3	27,25	3,82	5,45	1,64	32,70	0,11	70,96	
4	3	21,80	4,36	4,36	1,64	38,15	0,11	70,41	
5	3	21,80	4,36	4,36	0,44	32,70	0,11	63,77	
6	3	21,80	4,36	4,36	2,18	27,25	0,11	60,06	
7	4	21,80	4,36	4,91	2,18	27,25	0,11	60,60	
9	2	16,35	3,27	4,36	2,18	21,80	0,11	48,07	
10	3	16,35	4,36	4,91	2,18	32,70	0,27	60,77	
11	2	7,63	1,74	5,45	1,64	13,08	0,11	29,65	
12-фон	1	10,71	4,165	1,071	0,476	23,8	0,001	40,22	

* 1 – низкий уровень загрязнения почв; 2 – средний; 3 – высокий; 4 – очень высокий.

В таблице приведены отдельные и суммарные концентрации тяжелых металлов в листьях изученных нами древесных пород. Было установлено, что все три вида деревьев устойчивы к загрязнению в условиях г. Еревана [16]. По степени накопления тяжелых металлов (суммарные концентрации) и устойчивости виды располагаются в следующий ряд:

тополь белый > ясень обыкновенный > робиния лжеакация.

Нашей целью было не только изучение степени накопления тяжелых металлов в некоторых древесных породах, но и выявление возможной корреляционной связи между значениями C-value (гаплоидное содержание ДНК) этих деревьев и их устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами.

В результате проведенных нами исследований была выявлена коррелятивная связь между размерами геномов некоторых древесных пород и их устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами для тополя белого и робинии лжеакации. Подобная зависимость не была обнаружена для ясеня обыкновенного. Тополь белый может быть рекомендован для осуществления биологического мониторинга и при проведении работ по фиторемедиации загрязненных почв. Следует, однако, отметить, что продолжение интенсивных исследований в этом направлении и тщательный статистический анализ полученных данных позволят выявить новые виды растений, устойчивые к загрязнению окружающей среды, разработать принципы их отбора для деконтаминации почв и формирования фитофилтра.

Кафедра генетики и цитологии

Поступила 25.02.2010

ЛИТЕРАТУРА

1. **Исидоров В.А.** Введение в химическую экотоксикологию. С.-Пб.: Химиздат, 1999, 143 с.
2. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем (под ред. Р. Шуберта). М., 1988, 350 с.
3. **Swift H.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 1950, v. 36, № 11, p. 643–654.
4. **Bennett M.D., Bhandol P., Leitch I.J.** Annals of Botany, 2000, v. 86, p. 859–909.
5. **Hardie D.C., Gregory T. R., Hebert P.D.N.** J. Histochem. Cytochem., 2002, v. 50, p. 735–749.
6. **Ермохин Ю.И.** Агрехимия вчера, сегодня, завтра: Монография. Омск: ОмГАУ, 2001, 64 с.
7. **Pulford D., Watson C.** Environment International, 2003, v. 29; Issue 4, p. 529–540.
8. **Vidic T., Greilhuber J., Vilhar B., Dermastia M.** Ecological Applications, 2009, v. 19, № 6, p. 1515–1521.
9. **Vidic T., Jogan N., Greilhuber J., Vilhar B.** Nucleotype affects competitive success of plant species in heavily polluted sites. 13th Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology. Hersonissos: Heraklion, Crete, 2002, p. 659.
10. **Vilhar B., Vidic T., Greilhuber J.** Genome size – pollution and survival. XVII International Botanical Congress. Vienna, Austria, 2005, p. 9.
11. **Vinogradov A.E.** Trends in Genetics, 2003, v. 19, p. 609–614.
12. **Vinogradov A.E.** Proceedings. Biological sciences, 2004, v. 271, p. 1701–1705.
13. **Du B., Wang D.** Zoological Science, 2006, v. 23, p. 1017–1020.
14. **Vilhar B., Greilhuber J., Dolenc Koce J., Tensch E. M., Dermastia M.** Annals of Botany, 2001, v. 87, № 6, p. 719–728.
15. **Романюк И.Г., Стрелков А.З., Толкач В.Н.** Накопление техногенных поллютантов в лесных экосистемах Беловежской Пуши. В кн.: Сохранение биоразнообразия лесов Беловежской Пуши. Минск, 1996, с. 54–56.
16. **Оганесян А.А., Аветисян М.Г., Нерсисян Г.С.** Вестник МАНЭБ, 2008, т. 13, № 4, вып. 2, с. 54–57.

Հ. Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Կ. ՍԱՂԱԹԵԼՅԱՆ, Հ. Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ,
Ռ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ԵՐԵՎԱՆՈՒՄ ԱՃՈՂ ՈՐՈՇ ԾԱՌԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ԾԱՆՐ
ՄԵՏԱՂՆԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԿԱՊՎԱԾ ԴՐԱՆՑ ԳԵՆՈՍԻ ՉԱՓԵՐԻ ՀԵՏ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ներկայացվել են Երևանի տարբեր տարածքներում աճող որոշ ծառատեսակների տերևներում Cu, Pb, Ni, Mo, Zn, Ag ծանր մետաղների կուտակման ուսումնասիրության արդյունքները: Բացահայտվել են աղտոտման հանդեպ առավել կայուն տեսակները: Ծանր մետաղներով աղտոտման հանդեպ ամենամեծ կայունությամբ և դրանց գումարային կուտակման ամենաբարձր աստիճանով բնութագրվում է սպիտակ բարդին: Տվյալների ժամանակակից համակարգչային բազայից ստացվել են ուսումնասիրված ծառատեսակների C-value (ԳՆԹ-ի հապլոիդ պարունակություն) արժեքները: Բացահայտվել է որոշակի համահարաբերակցություն այդ ծառատեսակների գենոմի չափերի և ծանր մետաղներով աղտոտման հանդեպ դրանց կայունության միջև: Գենոմի փոքր չափեր ունեցող և ծանր մետաղների կուտակման բարձր ունակությամբ օժտված տեսակները կարող են երաշխավորվել կենսաբանական մոնիթորինգի և աղտոտված հողերի ֆիտոմելիորացիայի իրականացման համար:

H. A. HOVHANNISYAN, A. K. SAGHATELYAN, H. S. MOVSESYAN, R. M. AROUTIOUNIAN

STUDY OF POLLUTION WITH HEAVY METALS OF SOME
ARBOREOUS SPECIES OF YEREVAN IN CONNECTION
WITH THEIR GENOME SIZES

Summary

Results of the investigation of heavy metal (Cu, Pb, Ni, Mo, Zn, Ag) accumulation in leaves of some arboreous species of Yerevan, growing on soils with different degree of pollution by these elements are presented. White poplar has the highest resistance to pollution and the utmost extent of heavy metal accumulation (total concentrations of metals). C-values (amount of DNA contained within a haploid nucleus) of studied arboreous species have been obtained from electronic database. Certain correlation has been revealed between genome size of these species and their resistance to pollution with heavy metals. Species with small genome size and high degree of heavy metal accumulation can be recommended for implementation of biological monitoring and phytomelioration of polluted soils.