



DOI 10.21178/2079-6080.2022.3.25
УДК 630*161.443.6:57.085

Ответные реакции березы на воздействие кадмия в условиях *in vitro*

© Т.М. Табацкая¹, Н.И. Внукова¹, О.С. Машкина^{1,2}

Birch responses to *in vitro* cadmium exposure

T.M. Tabatskaya, N.I. Vnukova, O.S. Mashkina (All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology; Voronezh State University)

In vitro stress modeling is a promising biotechnological approach to plants study and selection for resistance to negative environmental factors (drought, soil salinization, pollution from heavy metals, etc.). In this paper we studied the effects of different concentrations (10^{-6} M, 10^{-5} M, 10^{-4} M and 2×10^{-4} M) of cadmium as an agent of toxic and osmotic stress on *in vitro* growth and preservation rate of four species: silver birch, Karelian birch, dalecarlica birch and downy birch. We determined the proline level and evaluated the response of different clones to cadmium exposure at cellular level. The study demonstrated that heavy metal at concentrations ranging from 10^{-6} M to 2×10^{-4} M had a negative effect on growth and preservation of the plants studied, though the reaction of a specific clone (in this article we analyzed 11 clones) depended on its genotypic (species-related) characteristics. Clones of downy birch showed the best cadmium tolerance. We found the sub-lethal concentrations of cadmium (10^{-4} M) and the duration of its exposure (30 days), that allowed us to differentiate the studied clones by their response to the stress factor into «stable» and «sensitive» ones. The addition of cadmium to the nutrient medium induced the free-proline accumulation in birch leaves. The level of proline depended on concentration of the stressor and on genotypic characteristics of the clone. So-called «stable» clones showed higher abilities to form proline, the most active in this regard being two clones of downy birch and dalecarlica birch. The birch adaptive-defence mechanism as a response to cadmium exposure had been manifested in a significant increase (6.5–14 times) in the proportion of cells with residual nucleoli in metaphase and anaphase of mitosis. This fact can serve as a proxy indicator of changes in gene expression (in particular, rRNA genes) and of a boost in metabolic activity of meristem cells. The results obtained confirm that the studied indicators can be used as morpho-physiological and cytological markers in selection of *in vitro* birch plants for stress resistance.

Key words: birch, cadmium, *in vitro*, growth, preservation, proline, residual nucleoli

Ответные реакции березы на воздействие кадмия в условиях *in vitro*

Т.М. Табацкая, Н.И. Внукова, О.С. Машкина

Моделирование стресса в культуре *in vitro* — перспективный биотехнологический подход для изучения и отбора растений на устойчивость к негативным факторам среды (засухе, засолению почв, загрязнению тяжелыми металлами и др.). Исследовано действие кадмия (как агента токсического и осмотического стрессов) в разных концентрациях (10^{-6} М, 10^{-5} М, 10^{-4} М и 2×10^{-4} М) на рост и сохранность растений четырех видов березы (повислой, карельской, далекарлийской и пушистой) в культуре *in vitro*. Также определялся уровень пролина, оценивалась ответная реакция разных клонов на клеточном уровне. Тяжелый металл (в диапазоне концентраций от 10^{-6} М до 2×10^{-4} М) оказывал негативное влияние на сохранность и рост растений березы, однако, реакция клонов зависела от их генотипических (видовых) особенностей. Наибольшую толерантность к кадмию проявили клоны березы пушистой. Определена сублетальная концентрация кадмия (10^{-4} М) и экспозиция его воздействия (30 суток), позволившие дифференцировать изученные клоны на «устойчивые» и «чувствительные» к воздействию стрессора. Присутствие кадмия в питательной среде индуцировало накопление свободного пролина в листьях растений березы, уровень которого зависел от концентрации стрессора и генотипических особенностей клонов. Более высокую пролинообразующую способность проявили «устойчивые» клоны — березы пушистой и березы далекарлийской. Защитно-приспособительная реакция березы на воздействие кадмия проявилась и в существенном (6,5–14-кратном) увеличении доли клеток с остаточными ядрышками в метафазе и анафазе митоза, что может служить косвенным показателем изменения характера экспрессии генов (в частности, генов рРНК), повышения метаболической активности клеток меристемы. Полученные результаты подтверждают возможность использования изученных показателей в качестве морфофизиологических и цитологических маркеров в исследованиях по селекции на стрессоустойчивость березы в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: береза, кадмий, *in vitro*, рост, сохранность, пролин, остаточные ядрышки

Табацкая Татьяна Михайловна — старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии

E-mail: tatyana.tabacky@gmail.com

Внукова Наталья Ивановна — научный сотрудник лаборатории биотехнологии

E-mail: natalya.vnuckova@yandex.ru

Машкина Ольга Сергеевна — заведующая лабораторией биотехнологии ВНИИЛГИСбиотех, доцент кафедры генетики, цитологии и биоинженерии ВГУ, канд. биол. наук

E-mail: mashkinaos@mail.ru

¹ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии» (ВНИИЛГИСбиотех)

304087, Воронеж, ул. Ломоносова, 105

E-mail: ilgis@lesgen.vrn.ru

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

304018, Воронеж, Университетская пл., 1

Телефон: +7(473)220–88–76