

жизненного цикла, и при оптимальных условиях роста (в камерах роста) нами отмечена слабая степень цветения и низкая производительность семян.

Влияние кадмия на морфогенез карельской березы *in vitro*

Ветчинникова Л.В.^{А*}, Титов А.Ф.^В

^АИнститут леса КарНЦ РАН, ^ВИнститут биологии КарНЦ РАН,
ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Российская Федерация

*Email: vetchin@krc.karelia.ru

Влиянию тяжелых металлов на рост и развитие растений посвящено значительное число работ (Prasad, 1999; Титов и др., 2007; Miras-Moreno et al., 2014; Казнина, 2016), большинство из которых проведено на целых растениях. Культура побегов *in vitro* используется гораздо реже (Емельянова, 2013), хотя именно она может быть удобной моделью для изучения реакции растений на действие тяжелых металлов, так как позволяет работать с однородным материалом в контролируемых условиях. Нами на культуре побегов карельской березы *in vitro*, полученной из верхушечной меристемы вегетативных почек, изучалось влияние ионов кадмия (10^{-6} – 10^{-3} М) на геммогенез (формирование почек и последующее развитие из них побегов) и ризогенез (корнеобразование). Показано, что присутствие металла в питательной среде в концентрации 10^{-5} М и выше приводит не только к его накоплению в растущих побегах, но и к ингибированию геммогенеза и ризогенеза, степень которого зависит от концентрации металла. Опыты также выявили небольшое стимулирующее действие кадмия в низкой концентрации (10^{-6} М) на рост, развитие побегов, формирование листового аппарата и корневой системы. Возможно, это связано с активизацией клеточного деления, изменением баланса гормонов или усилением хелатирующей способности клеток по отношению к ионам этого металла (Казнина, 2016). Увеличение содержания кадмия до 10^{-5} М сопровождалось уменьшением площади листовых пластинок, угнетением роста побегов и корневой системы, хотя и без нарушения процессов закладки и формирования новых органов. Очевидно, основной причиной таких изменений явилось негативное влияние металла на процессы деления и растяжения клеток (Серегин, 2009). При использовании кадмия в концентрации 10^{-4} М отмечено постепенное прекращение роста и развития побегов, а ризогенез полностью блокировался. Концентрация кадмия 10^{-3} М оказалась критической для геммогенеза: рост и развитие побегов полностью прекращалось, а спустя 5–7 сут они погибли. Таким образом, использование культуры побегов *in vitro* позволило не только установить ингибирующее действие кадмия на морфогенез карельской березы, но и показать, что ризогенез более чувствителен к действию этого металла по сравнению с геммогенезом.

Effect of cadmium on *in vitro* morphogenesis of curly birch

Vetchinnikova L.^{А*}, Titov A.^В

^АForest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russian Federation. *Email: vetchin@krc.karelia.ru

^ВInstitute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russian Federation

The effect of heavy metals on the growth and development of plants has been investigated in a substantial number of studies (Prasad, 1999; Titov et al., 2007; Miras-

Moreno et al., 2014; Kaznina, 2016), and a majority of them used whole plants as objects. Shoot culture *in vitro* has been used far more rarely (Emelyanova, 2013), although it is arguably a more convenient model for studying plant responses to heavy metal impact, permitting the handling of homogenous material under controlled conditions. We took *in vitro* culture of curly birch shoots, obtained from the apical meristem of vegetative buds, to investigate the effect of cadmium ions (10^{-6} – 10^{-3} M) on gemmogenesis (formation of buds and their further development into shoots) and rhizogenesis (root formation). It was demonstrated that where the metal was present in the nutrient medium at a concentration of 10^{-5} M or higher, it was not only accumulated in the growing shoots, but also inhibited both gemmogenesis and rhizogenesis to a degree depending on the metal concentration. The experiments also revealed a slight stimulating effect of cadmium at a low concentration (10^{-6} M) on shoot growth and development, as well as foliage and root system formation. This effect can probably be explained by an activation of cell division, shifts in the hormonal balance, or promotion of the cells' capacity to chelate ions of this metal (Kaznina, 2016). As the cadmium content was raised to 10^{-5} M, we observed a decrease in leaf surface area and inhibition of shoot and root growth, although the establishment and formation of new organs were not disrupted. The main reason for these changes apparently was the adverse effect of the metal on cell division and elongation (Seregin, 2009). The application of cadmium at the 10^{-4} M concentration gradually led to a cessation of shoot growth and development, and rhizogenesis was terminated entirely. The 10^{-3} M cadmium concentration proved to be critical for gemmogenesis: shoots stopped growing and developing, and died after 5–7 days. Thus, using *in vitro* shoot culture we managed to not only identify the inhibiting effect of cadmium on morphogenesis in curly birch, but also to demonstrate that rhizogenesis is more sensitive to the impact of this metal compared to gemmogenesis.

Ветвление корня: от инициации примордия к архитектуре корневой системы
Демченко К.Н. *, Кирюшкин А.С., Ильина Е.Л.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,
Российская Федерация. *Email: Demchenko@binran.ru

Пластичность ветвления корневой системы является основой возможности адаптации растения к почвам, содержащим различные количества питательных веществ. В докладе мы суммируем достижения последних нескольких лет в нашем понимании начальных этапов детерминации клеток перицикла, приводящих к образованию бокового корня, механизмов регуляции пролиферации клеток перицикла и окружающих тканей, положения места инициации боковых корней вдоль оси материнского корня, а также гормональных факторов и их мишеней, осуществляющих последовательную программу развития бокового корня. Приводятся данные о роли ауксина в этом процессе, а также о механизмах передачи гормонального сигнала на молекулярные мишени, обеспечивающие закладку боковых корней. Образование бокового корня начинается с осцилляции концентрации ауксина в базальной части меристемы материнского корня и формирования в некоторых клетках его центрального цилиндра максимума клеточного ответа на ауксин. Следующим этапом является спецификация клеток-основательниц (founder cells) в перицикле и последующее образования точки ветвления (prebranch site). Ключевыми факторами, участвующими в образовании локальной компетенции клеток перицикла к инициации примордия бокового корня,