

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,

являются транскрипционный фактор GATA23 и мембранно-ассоциированный киназный регулятор MAKR4. Особую роль также играют малые сигнальные пептиды семейства RALF, представитель которого RALF34 непосредственно вовлечен в инициацию примordia и является возможным элементом этиленового сигналинга. Также показана роль тканей корня, окружающих перичикл, в регуляции начальных этапов пролиферации клеток при инициации бокового корня и формировании архитектуры корневой системы. Среди цветковых растений также имеется целый ряд семейств, у которых инициация и развитие примordia бокового корня происходит непосредственно в меристеме родительского корня. Нами показана ключевая роль ауксина на начальных этапах инициации бокового корня у таких растений, в частности у Тыквенных. Впервые показано эволюционное сходство регуляторных генных сетей, формирующих компетенцию к образованию примordia бокового корня вне зависимости от его положения вдоль продольной оси материнского корня. Также обсуждаются механизмы, позволяющие некоторым видам создавать обширную корневую систему в кратчайшие сроки после прорастания. Рассматриваются возможные эволюционные механизмы определения места инициации бокового корня у цветковых растений. Исследования поддержаны Российским научным фондом (грант 16-16-00089).

Активность кислой инвертазы, локализованной в апопласте, регулирует процесс клубнеобразования у картофеля *in vitro*

Дерябин А.Н.

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва,
Российская Федерация. Email: anderyabin@mail.ru

Показана углеводная регуляция клеточного цикла, обусловленная метаболическими реакциями, в том числе, с участием гексокиназ (КФ 2.7.1.1), реагирующих на концентрацию эндогенных моносахаров. Исследования проводили с растениями картофеля (*Solanum tuberosum* L., cv. Désirée) (контроль) и полученной на их основе линий, трансформированной геном *SUC2*, находящимся под контролем клубнеспецифического пататинового *B33*-промотора класса I. При конструировании трансгена использовался фрагмент *Asp718/SaI* из PI-3-INV плазмиды, содержащий ген *SUC2* *Saccharomyces cerevisiae*, кодирующий белок кислой инвертазы (КФ 3.2.1.26), соединенный с последовательностью сигнального пептида ингибитора протеиназы II картофеля, обеспечивающей апопластную локализацию фермента (дрожжевой инвертазы). Растения были получены с помощью агробактериальной трансформации, отобраны на MC-среде с канамицином и проверены на экспрессию трансгена методом Northern блот-гибридизации, в Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology (Germany). Растения выращивали на свету при 22°C в течение 5 недель на MC-среде, дополненной 2% сахарозы (среда для размножения растений), либо 8% сахарозы (среда для получения микроклубней), в темноте. У трансформантов на 3-й неделе клубнеобразования активность кислых инвертаз в микроклубнях была на 50% выше, чем у контроля. На 6-й неделе клубнеобразования у обеих линий активность фермента была минорной, а на 10-й неделе и вовсе не обнаруживалась. Анализ сахаров в микроклубнях на 10 неделе клубнеобразования показал, что трансформация способствовала более высокому содержанию глюкозы (≥ 8.0 мг/г сырой массы), по сравнению с контролем (≤ 1.0 мг/г сырой массы). По содержанию сахарозы и фруктозы линии не различались (-3.5 и -0.5 мг/г сырой