

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Галибиной Натальи Алексеевны*  
«*Эндогенные механизмы регуляции ксилогенеза у древесных растений на примере двух форм березы повислой*»,  
представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук, по специальности 03.01.05 - физиология и биохимия растений

Древесные растения являются основными продуцентами в лесных экосистемах, так как древесина представляет собой важный возобновляемый источник органического углерода. Береза - одна из важнейших лесообразующих и широко распространенных пород как в Европе и Азии, так и в Северной Америке. Именно береза во многом определяет состав, облик и характеристики мягко-лиственных и смешанных лесов. Среди растений рода *Betula* особую ценность имеет карельская береза (особая форма березы повислой), отличительной особенностью которой является наличие оригинальной узорчатой текстуры древесины, по рисунку напоминающей мрамор. В настоящее время выявлена антропогенная трансформация насаждений карельской березы, которая выражается в сокращении объема популяций, а на некоторых территориях и в полном исчезновении этого ценного древесного растения.

В этой связи исследование Галибиной Н.А., посвященное изучению особенностей ксилогенеза и эндогенных механизмов роста и дифференцировки камбиальных производных у двух форм растений рода *Betula*, различающихся по текстуре древесины, березы повислой с нормальным и аномальным строением древесины, является актуальным и практически важным.

**Научная новизна.** Выявлены метаболические причины формирования узорчатой древесины карельской березы, которые состоят в понижении активности сахарозсинтазы в зоне роста и развития ксилемы карельской березы, в замедлении использования сахарозы для синтеза клеточных оболочек этой ткани, что тормозит отток дисахарида из флоэмы. Показано, что во флоэме появляется избыток сахарозы, которая выводится в апопласт и расщепляется с участием апопластной инвертазы на моносахара, индуцирующие синтез запасных метаболитов и превращение камбиальных производных в клетках запасяющей паренхимы, являющейся структурной основой узорчатых тканей. Выявлены молекулярно-генетические закономерности двух сценариев ксилогенеза древесных растений, связанных с формированием в древесине элементов, выполняющих водопроводящую, механическую функции и функцию запасаения. Установлено, что преобладание дифференцировки сосудов и волокон происходит на фоне высокой активности сахарозсинтазы под контролем генов *SUS1* и *SUS2* и сопровождается активным синтезом структурных компонентов клеточных стенок (целлюлозы), а формирование древесины, для которой характерны крупные включения клеток запасяющей паренхимы, идет на фоне низкой активности сахарозсинтазы, вызванной снижением экспрессии генов *SUS1* и *SUS2*, и сопровождается уменьшением содержания целлюлозы. Показано, что отличия в сценариях ксилогенеза у карельской и обычной березы заключаются (1) в распределении уровня экспрессии генов, кодирующих TDIF-пептид CLE-41 и его рецептор TDR, играющих центральную роль в судьбе камбиальных инициалей, (2) в регуляции синтеза вторичной клеточной стенки, (3) в развитии и дифференцировке клеток ксилемы и (4) в развитии клеток флоэмы с участием транскрипционных факторов VND6, VND7 и APL. Определено, что безузорчатые деревья карельской березы, несмотря на отсутствие визуальных различий с обычной березой, отличаются от последней по характеру распределения экспрессии генов, контролирующих развитие камбиальных производных. Выявлено, что на ранних этапах онтогенеза обычной

и карельской березы, когда видимые различия между ними еще отсутствуют, у сеянцев карельской березы увеличивается уровень экспрессии генов, кодирующих TDIF/CLE-TDR/PXY и ApИнв, снижается уровень экспрессии генов *SUS1* и *SUS2*, кодирующих изоформы сахарозосинтазы, и появляются метаболические изменения в путях утилизации сахарозы. Установлена зависимость между степенью насыщенности текстуры древесины карельской березы и уровнем доступного азота в почве. Выявлен диапазон содержания азота, способствующий лучшему проявлению узорчатости древесины. Впервые установлено, что у карельской березы высокий уровень азотного питания подавляет активность ферментов метаболизации сахарозы, контролирующих формирование узорчатой древесины.

**Практическая значимость.** Активность основных ферментов, утилизирующих сахарозу в камбиальной зоне, можно использовать в качестве биохимического индикатора разных сценариев ксилогенеза: (1) формирование древесины, в составе которой преобладают сосуды и волокна и (2) формирование древесины, для которой характерны крупные включения клеток паренхимы. Предложены новые методические подходы к экспериментальной регуляции ксилогенеза древесных растений. Метаболические схемы, разработанные на основе физиолого-биохимических и молекулярно-генетических закономерностей, обнаруженных при разных сценариях ксилогенеза, могут быть использованы при поиске путей эффективного управления этим процессом как с точки зрения увеличения выхода биомассы древесины, так и выращивания древесины с заданными свойствами. Предложен научный подход к выбору участков под посадки растений карельской березы. Установлена зависимость между степенью насыщенности текстуры древесины карельской березы и уровнем доступного азота в почве. Установлен диапазон содержания азота, способствующий лучшему проявлению узорчатости древесины.

Автореферат написан четко и ясно. Автором проделана большая по объему работа, выполненная на высоком научном уровне с привлечением новых подходов и разнообразных современных методов анализа. Работа имеет большую теоретическую и практическую значимость.

Судя по автореферату и многочисленным публикациям по теме диссертации, диссертационная работа «Эндогенные механизмы регуляции ксилогенеза у древесных растений на примере двух форм березы повислой», соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а Галибина Наталья Адексеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.05 - физиология и биохимия растений.

Ведущий научный сотрудник кафедры физиологии растений Биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»  
профессор, доктор биологических наук  
(03.01.05 – физиология и биохимия растений)

Мейчик Наталия Робертовна

Название организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»  
Адрес: 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Биологический факультет МГУ;  
E-mail: [info@mai.bio.msu.ru](mailto:info@mai.bio.msu.ru); Тел.: (495) 939-36-57

28 сентября 2018 г.

