

3. Wloch W, Mazur E, Beltowski M. Formation of spiral grain in the wood of *Pinus sylvestris* L. // *Trees*. 2002. Vol. 16, N 4. P. 306–312.

4. Schulgasser K., Witzum A. The mechanism of spiral grain formation in trees // *Wood Sci. Technol.* 2007. Vol. 41. P. 133–156.

5. Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Никерова К.М. Избыток экзогенных нитратов подавляет формирование аномальной древесины у карельской березы // *Онтогенез*. 2016а. Т. 47, № 2. С. 83–91.

6. Галибина Н.А., Мошкина Е.В., Никерова К.М., Мощенская Ю.Л., Знаменский С.Р. Активность пероксидазы как индикатор степени узорчатости древесины карельской березы // *Лесоведение*. 2016. № 4. С. 294–304.

7. Никерова К.М., Галибина Н.А. Влияние нитратного азота на пероксидазную активность в тканях *Betula pendula* Roth var. *pendula* и *B. pendula* var. *carelica* (Mercklin) // *Сибирский лесной журнал*. 2017. № 1. С. 15–24.

8. Zhang C, Han L., Slewinski T.L., Sun J., Zhang J., Wang Z-Y, Turgeon R. Symplastic Phloem Loading in Poplar // *Plant Physiol.* 2014. Vol. 166. P. 306–313.

РЕГУЛЯЦИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЧЕРЕЗ ИЗМЕНЕНИЕ УГЛЕВОДНОГО И ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСОВ КАМБИАЛЬНОЙ ЗОНЫ

**Новицкая Л.Л., Галибина Н.А., Мощенская Ю.Л., Николаева Н.Н.,
Никерова К.М., Тарелкина Т.В.**

*Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
novits@krc.karelia.ru*

Формирование древесины включает в себя образование ее структурных элементов и синтез полимерных компонентов клеточной стенки. Древесина составляет до 80 % биомассы дерева, поэтому поиск путей эффективного управления процессом ее формирования является актуальным с точки зрения повышения продуктивности древесных растений.

В состав древесины входят элементы, выполняющие водопроводящую (трахеиды, сосуды), опорно-механическую (волокнистые трахеиды, волокна либриформа) и запасающую (клетки паренхимы) функции. Из перечисленных функций следует, что изменение количественного соотношения структурных элементов влияет на качество древесины, а также на рост, развитие и продуктивность дерева в целом. Формирование древесины происходит в результате деятельности камбия. Деление, рост и дифференцировка клеток камбиальной зоны древесного растения обеспечиваются притоком фотоассимилятов из листьев. Основной транспортной формой фотоассимилятов у древесных растений умеренной зоны является сахароза. Вовлечение сахарозы в обмен веществ осуществляют ферменты сахарозсинтаза (СС) и инвертаза (Инв). На примере обычной березы повислой (ОБ, *Betula pendula* var. *pendula*) показано, что формирование древесины с нормальным (типичным для вида) соотношением

структурных элементов связано с высокой активностью СС [1]. При формировании древесины с высоким процентным содержанием паренхимы (узорчатая древесина карельской березы – КБ, *V. pendula* var. *carelica*) активность СС в ксилеме понижена [1]. Это вызывает торможение оттока сахарозы из флоэмы. Во флоэме КБ избыток сахарозы выводится в апопласт, где она расщепляется апопластной Инв [2] с образованием глюкозы и фруктозы. Известно, что глюкоза и фруктоза (а) индуцируют синтез запасных метаболитов [3], (б) могут превращаться в УДФ-глюкозу (УДФГ) [6], которая взаимодействует с гормонами (ауксином и гиббереллином) и переводит их в конъюгированное (неактивное) состояние [7]. Ауксин и гиббереллин необходимы для дифференцировки сосудов и волокон древесины [4]. Их инактивация блокирует данный процесс. Представленные данные позволили нам предположить, что интенсивный синтез гексоз является ключевым звеном в изменении структуры древесины путем уменьшения доли водопроводящих и механических элементов и увеличения доли клеток запасующей паренхимы.

Реакцию синтеза конъюгата ауксина – ИУК-глюкозы, катализирует фермент ИУК-глюкоза синтаза. В тканях КБ мы выявили высокий уровень экспрессии гена, кодирующего ИУК-глюкоза синтазу, тогда как у ОБ его транскрипты едва обнаруживались. Существует тесная взаимосвязь между сверхэкспрессией данного гена и высокой активностью фермента [8]. Таким образом, наши данные указывают на высокую активность ИУК-глюкоза синтазы в тканях ствола КБ.

Субстратом для образования ИУК-глюкозы, помимо ИУК, служит УДФГ. Основной вклад в синтез УДФГ в растениях осуществляют сахарозосинтаза (СС) и УДФГ-пирофосфорилаза (УДФГ-ПФ) [6]. В ксилеме КБ активность СС низкая (0,11 мкмоль/мг белка за 30 мин), а активность УДФГ-ПФ очень высокая (3,40 мкмоль/мг белка за 1 мин). Из этого следует, что источником УДФГ для синтеза ИУК-глюкозы, скорее всего, служит реакция, катализируемая УДФГ-ПФ, в ходе которой УДФГ образуется из Глюкозо-1-фосфата. Недавно было показано, что источником Глюкозо-1-фосфата в клетках могут быть гексозы, образующиеся при расщеплении сахарозы с участием Инв, более того Инв может обеспечивать количество УДФГ, необходимое для нормального роста и развития растения [5]. У КБ из всех форм Инв наибольшей активностью обладает апопластная инвертаза, причем как в ксилеме, так и во флоэме КБ активность фермента намного выше, по сравнению с ОБ. На основании этого мы делаем вывод, что основным источником гексоз для синтеза Глюкозо-1-фосфата у КБ служат моносахара, поступающие в клетку из апопласта.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-04-01191_а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Красавина М.С., Моценская Ю.Л. Активность сахарозсинтазы в тканях ствола карельской березы в период камбиального роста // Физиол. раст. 2015. Т. 62, № 3. С. 410–419.
2. Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Красавина М.С., Моценская Ю.Л. Активность инвертазы в тканях ствола карельской березы // Физиол. раст. 2015. Т. 62, № 6. С. 804–813.
3. Курсанов А.Л., Прасолова М.Ф., Павлитова О.А. Пути ферментативного расщепления сахарозы в корне сахарной свеклы в связи с его аттрагирующей функцией // Физиол. раст. 1989. Т. 36, № 4. С. 629–641.
4. Aloni R. Ecophysiological implications of vascular differentiation and plant evolution // Trees. 2015. V. 29. P. 1–16.
5. Barratt, D.H.P., Derbyshire P., Findlay K., Pike M., Wellner N., Lunn J., Feil R., Simpson C., Maule A. J., Smith, A.M. Normal growth of Arabidopsis requires cytosolic invertase but not sucrose synthase // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2009. V. 106. P. 13124–13129.
6. Kleczkowski L.A., Kunz S., Wilczynska M. Mechanisms of UDP-Glucose Synthesis in Plants // Critical Reviews in Plant Sciences. 2010. V. 29. P. 191–203.
7. Ludwig-Müller J. Auxin conjugates: their role for plant development and in the evolution of land plants // J. Exp. Bot. 2011. V. 9. P. 1–17.
8. Ostrowski M., Jakubowska A. UDP-Glycosyltransferases of plants // Advances in Cell Biol. 2014. V 4. P. 43–60.

ОСОБЕННОСТИ ЭПИФИТНОГО МОХОВОГО ПОКРОВА СТВОЛОВ ОСИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*POPULUS TREMULA* L.) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ

Обабко Р.П.¹, Тарасова В.Н.¹, Бойчук М.А.², Боровичев Е.А.^{3,4}

¹Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск,
gotaparrot@mail.ru;

²Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
boychuk@kr.karelia.ru;

³Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск;

⁴Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН,
Апатиты, borovichyok@mail.ru

Исследования выполнены на четырех особо охраняемых природных территориях (заповедник «Кивач», Национальный парк «Водлозерский», заказники «Кижский» и «Заозерский») и в Петрозаводском городском округе в осиновых и еловых лесах. Все изученные фитоценозы принадлежат к единому экологодинамическому ряду, представляющему восстановительную динамику ельника черничного зеленомошного через стадию осинового леса, и имеют давность нарушения от 80 до 450 лет. Цель исследования – изучение видовой разнообразия и особенностей формирования эпифитного мохового покрова стволов