



DOI: 10.21178/2079–6080.2025.4.29
УДК: 58.018:577.2.08: 582.632.1

Поиск генетических мутаций, ассоциированных с формой роста у карельской берёзы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti

© Е.Д. Сафронычева^{1,2}, Д.С. Каржаев^{1,2}, В.А. Волков^{1,2}, М.В. Тис^{1,2},
В.В. Шаршавикова², Л.В. Ветчинникова^{1,3}, Е.К. Потокина^{1,2},
А.В. Жигунов¹

Identification of genetic mutations associated with growth form in Karelian birch *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti

E.D. Safronycheva, D.S. Karzhaev, V.A. Volkov, M.V. Tis, V.V. Sharshavikova, L.V. Vetchinnikova, E.K. Potokina, A.V. Zhigunov (Saint Petersburg State Forest Technical University; Saint Petersburg Forestry Research Institute; Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences)

Karelian birch *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti is an indigenous representative of the forest zone of Northwestern Russia. It is characterized by unique, economically valuable figured wood, the texture of which largely depends on the growth form. On the basis of sequencing on the Illumina (NovaSeq) platform, a genome-wide association study (GWAS) was carried out, which makes it possible to determine the relationship between gene variants and growth form in Karelian birch, a distinguishing feature of which, along with others, is the diversity of life forms – from tree to shrub. At the same time, among Karelian birch trees, the following growth forms are distinguished according to growth form: tall-stemmed, short-stemmed and shrub-like. It was established that 2 SNPs (single nucleotide polymorphisms) located on chromosomes 4 and 7 correlate with the tall-stemmed morphotype, and 3 SNPs on chromosomes 2, 11 and 14 correlate with the short-stemmed morphotype, with 4 of the identified SNPs located in the non-coding part of the genome and 1 SNP in the coding part. It was found that T/T homozygotes at locus S7_17793825 on chromosome 7 occur exclusively in Karelian birch with the tall-stemmed growth form. Along with this, considerable interest is represented by the SNP located in the coding region (S2_23203191), which in the homozygous state was

recorded only in trees with the short-stemmed growth form. For the shrub-like growth form of Karelian birch, no reliably associated SNPs have yet been identified. On the basis of analysis of the literature and our own data, functional groups of genes potentially influencing the formation of growth form in Karelian birch were identified. Among them there are regulatory genes that control the processes of cell division, cell wall formation, inhibition of differentiation of vessel cells and, as a consequence, a decrease in the growth rate of plants. Mutations in such genes can lead to changes in life form in plants. The data obtained can be used to develop molecular markers, the use of which will make it possible to accelerate breeding of Karelian birch when creating industrial plantations aimed at growing its specific growth forms with a predetermined wood texture.

Keywords: Karelian birch, *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, growth form, GWAS, single nucleotide polymorphism

Поиск генетических мутаций, ассоциированных с формой роста у карельской берёзы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti

Е.Д. Сафроньчева, Д.С. Каржаев, В.А. Волков, М.В. Тис, В.В. Шаршавикова, Л.В. Ветчинникова, Е.К. Потокина, А.В. Жигунов

Карельская берёза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti является аборигенным представителем лесной зоны Северо-Запада России. Она характеризуется уникальной ценной узорчатой древесиной, текстура которой в значительной степени зависит от формы роста. На основании секвенирования на платформе Illumina (NovaSeq) проведён полногеномный поиск ассоциаций (GWAS), позволяющий определить связь между вариантами генов и формой роста у карельской берёзы, отличительной особенностью которой является разнообразие жизненных форм — от дерева до кустарника. Среди деревьев у карельской берёзы по форме роста выделяют высокоствольную, короткоствольную и кустообразную. Установлено, что с высокоствольным морфотипом коррелируют 2 SNP (Single Nucleotide Polymorphism), локализованных на 4-й и 7-й хромосомах, а с короткоствольным — 3 SNP — на 2-й, 11-й и 14-й хромосомах, причем 4 из выявленных SNP располагаются в некодирующей части генома, а 1 SNP — в кодирующей. Обнаружено, что гомозиготы «Т/Т» в локусе S7_17793825 на 7-й хромосоме встречаются исключительно у карельской берёзы, имеющей высокоствольную форму роста. Значительный интерес представляет SNP, расположенный в кодирующем участке (S2_23203191), который в гомозиготном состоянии зафиксирован только у деревьев, имеющих короткоствольную форму роста. С кустообразной формой роста карельской берёзы достоверно ассоциированные SNP не выявлены. Обнаружены функциональные группы генов, потенциально влияющие на возникновение определённой формы роста у карельской берёзы. Среди них есть регуляторные гены, которые контролируют процессы деления клетки, формирования клеточной стенки, ингибирования дифференциации клеток сосудов и, как следствие, замедление скорости роста растений. Мутации в таких генах могут приводить к изменению жизненной формы. Полученные данные могут быть использованы для разработки молекулярных маркеров, применение которых позволит ускорить селекцию карельской берёзы при создании промышленных плантаций, направленных на выращивание конкретных форм роста с заданной текстурой древесины.

Ключевые слова: карельская берёза, *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, форма роста, GWAS, однонуклеотидный полиморфизм

Сафроньчева Елизавета Дмитриевна — мл. науч. сотр. Центра биоинформатики и геномных исследований; мл. науч. сотр. НИО генетики и биотехнологии

E-mail: esafronycheva@mail.ru

Каржаев Дмитрий Сергеевич – мл. науч. сотр. Центра биоинформатики и геномных исследований; науч. сотр. НИО генетики и биотехнологии

E-mail: karzhaevd@gmail.com

Волков Владимир Александрович – директор Центра биоинформатики и геномных исследований; науч. сотр. НИО генетики и биотехнологии, канд. биол. наук

E-mail: vol-j@mail.ru

Тис Маргарита Витальевна – мл. науч. сотр. Центра биоинформатики и геномных исследований; лаборант-исследователь НИО генетики и биотехнологии

E-mail: margarita.tis@yahoo.com

Шаршавикова Вероника Владимировна – лаборант-исследователь НИО генетики и биотехнологии

E-mail: veronikasharshavikova@gmail.com

Ветчинникова Лидия Васильевна – вед. науч. сотр. Центра биоинформатики и геномных исследований; гл. науч. сотр. лаборатории лесных биотехнологий, д-р биол. наук

E-mail: lidia.vetchinnikova@gmail.com

Потокина Елена Кирилловна – профессор кафедры лесных культур; ведущий научный сотрудник НИО генетики и биотехнологии; д-р биол. наук

E-mail: e.potokina@yahoo.com

Жигунов Анатолий Васильевич – заведующий кафедрой лесных культур, д-р с.-х. наук

E-mail: a.zhigunov@bk.ru

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
194021 Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, лит. У

Телефон: (812) 217–92–46

²Федеральное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., д. 21

Телефон: (812) 552–80–21

³Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук

185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11

Телефон: (8142) 76–95–00