



DOI 10.21178/2079-6080.2022.1.4  
УДК 575.174

## Гетероплазмия и ядерные копии митохондриальных генов (NUMTs), выявленные в зоне интрогрессивной гибридизации ели европейской и ели сибирской

© В.А. Волков<sup>1,2</sup>, Е.А. Григорьева<sup>1,2</sup>, М.В. Лебедева<sup>3</sup>, Е.К. Потокينا<sup>1,2</sup>

---

### **Heteroplasmy and nuclear copies of mitochondrial genes (NUMTs) identified in the zone of introgressive hybridization of Norway spruce and Siberian spruce**

**V.A. Volkov, E.A. Grigoreva, M.V. Lebedeva, E.K. Potokina** (Saint Petersburg State Forest Technical University; Saint Petersburg Forestry Research Institute, All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology)

Studies of possible post-glacial migrations and the processes of formation of areas of coniferous species are of particular interest from the point of view of forest genesis. Molecular markers are effectively used to study the phylogeography of forest-forming species. In this study, for spruces growing in the Native Forest Reserve 'Vepssky Forest', heterogeneous amplification products of the second intron of the *nad1* mitochondrial gene were obtained by PCR with gene-specific primers. By the analysis of the PCR products it has been established that they correspond to mtDNA sequences previously considered species-specific for *Picea abies* and *P. obovata* and are simultaneously amplified using DNA of the same tree. The revealed heterogeneity can be explained by two reasons: mtDNA heteroplasmy or amplification of nuclear copies of mitochondrial genes (NUMT). In order to establish and explain the nature of the detected heterogeneity, the methodological approaches previously used for similar studies in birds and mammals, such as cloning and sequencing of PCR products, amplification of large mtDNA fragments (Long range PCR) and phylogenetic analysis, were used. The obtained results testify in favor of heteroplasmy, which can be considered as a historical trace of close contact between *P. abies* and *P. obovata* in the area of the Vepsovskaya Upland in the northwest of the East

European Plain. The presence of the *P. obovata*-specific haplotype of the *nad1* mitochondrial gene in the spruces of the East European Plain is described for the first time. In conifers, the phenomenon of heteroplasmy is described for the zone of introgressive hybridization of closely related species. Nuclear pseudogenes of mitochondrial origin (NUMTs), similar in sequence to the mitochondrial haplotype of the *nad1* gene, have been described for the first time for European spruce.

**Key words:** Norway spruce, Siberian spruce, mitochondrial DNA, heteroplasmy, nuclear copies of mitochondrial genes, NUMTs

#### **Гетероплазмия и ядерные копии митохондриальных генов (NUMTs), выявленные в зоне интрогрессивной гибридизации ели европейской и ели сибирской**

**В.А. Волков, Е.А. Григорьева, М.В. Лебедева, Е.К. Потокина**

Исследования возможных путей послеледниковых миграций и процессов формирования ареалов видов хвойных пород представляют особый интерес с точки зрения генезиса лесов. Для изучения филогеографии видов-лесообразователей эффективно используются методы молекулярного маркирования. В настоящем исследовании проанализирована популяция ели европейской из природного резервата «Вепский лес». Этот природный объект представляет особый интерес для исследований, поскольку данная территория исторически не была затронута хозяйственной деятельностью человека. Для образцов ДНК елей на территории резервата путем ПЦР с праймерами, специфичными для второго интрона митохондриального гена *nad1*, были выявлены гетерогенные продукты амплификации. Установлено, что у отдельных деревьев одновременно амплифицируются последовательности мтДНК, ранее считавшиеся видоспецифичными для *Picea abies* и *P. obovata*. Выявленную гетерогенность можно объяснить двумя причинами: гетероплазмией мтДНК и амплификацией ядерных копий митохондриальных генов (NUMT). Для того чтобы установить и объяснить природу обнаруженной гетерогенности были использованы методические подходы, ранее использованные для подобных исследований у птиц и млекопитающих – клонирование и секвенирование ПЦР-продуктов, амплификация больших фрагментов мтДНК (Long range PCR) и филогенетический анализ. Полученные результаты свидетельствуют в пользу гетероплазмии, которую можно рассматривать как исторический след тесного контакта *P. abies* и *P. obovata* в районе Вепсовской возвышенности на Северо-Западе Восточноевропейской равнины. Присутствие *P. obovata*-специфичного гаплотипа митохондриального гена *nad1* у елей Восточно-Европейской равнины описывается впервые. У хвойных явление гетероплазмии характерно для зоны интрогрессивной гибридизации близкородственных видов. Впервые для ели европейской описаны ядерные псевдогены митохондриального происхождения (NUMT), сходные по своей Аннотацию последовательности с митохондриальным гаплотипом гена *nad1*.

**Ключевые слова:** ель европейская, ель сибирская, митохондриальная ДНК, гетероплазмия, ядерные копии митохондриальных генов, NUMTs

Волков Владимир Александрович – заведующий лабораторией центра биоинформатики и геномных исследований СПбГЛТУ, научный сотрудник исследовательской лаборатории СПбНИИЛХ

E-mail: v.volkov@spb-niilh.ru

Григорьева Елизавета Александровна – младший научный сотрудник лаборатории центра биоинформатики и геномных исследований СПбГЛТУ, специалист исследовательской лаборатории СПбНИИЛХ

E-mail: l.grigoreva@gmail.com

Лебедева Марина Валерьевна – научный сотрудник лаборатории стрессоустойчивости растений ВНИИСБ

E-mail: marilistik@mail.ru

Потокина Елена Кирилловна – профессор кафедры лесных культур СПбГЛТУ, ведущий научный сотрудник исследовательской лаборатории СПбНИИЛХ, д-р биол. наук

E-mail: e.potokina@yahoo.com

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (СПбГЛТУ)

194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5

Телефон: +7 (812) 670-92-46

<sup>2</sup>ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СПбНИИЛХ)

194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21

Телефон: (812) 552-80-21

Факс: (812) 552-80-42

<sup>3</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ВНИИСБ)

127550, Москва, Тимирязевская, 42

Телефон: (499) 976-65-44

Факс: (499) 977-09-47