

Национальная академия наук Беларуси  
ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»  
ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»  
Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь  
International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)

# **СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**МАТЕРИАЛЫ 5-ой МЕЖДУНАРОДНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ-СОВЕЩАНИЯ  
(02-07 октября 2017 г., Гомель, Беларусь)**

**ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ ВЫДАЮЩИХСЯ УЧЕНЫХ В  
ОБЛАСТИ ЛЕСНОЙ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И  
ПОПУЛЯЦИОННОЙ БИОЛОГИИ  
З.С. ПОДЖАРОВОЙ, Н.В. ГЛОТОВА, А.И. ИРОШНИКОВА**

Гомель  
ООО «Колордрук»  
2017

**Сохранение лесных генетических ресурсов:** Материалы 5-ой Международной конференции-совещания (Гомель, 02-07 октября 2017 г.) / НАН Беларуси, ГНПО НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель: ООО «Колордрук», 2017. – 262 с.

**ISBN 978-985-6768-29-6**

*Сборник материалов 5-ой международной конференции-совещания «Сохранение лесных генетических ресурсов» содержит работы ученых Беларуси, России, Азербайджана, Болгарии, Бразилии, Германии, Индии, Ирана, Казахстана, Латвии, Молдовы, Польши, России, Румынии, США, Турции, Украины, Швейцарии, посвященных изучению, сохранению, мониторингу и рациональному использованию лесных генетических ресурсов.*

Сборник представляет интерес специалистам лесного хозяйства, сотрудникам НИИ лесного профиля, преподавателям, аспирантам, магистрантам и студентам лесных, биологических и экологических специальностей вузов и колледжей.

**Редакционная коллегия:** Ковалевич А.И., к.с.-х.н., доцент (гл. редактор); Падутов В.Е., д.б.н., чл.-корр. НАН Беларуси (зам. гл. редактора); Баранов О.Ю., к.б.н., доцент; Ивановская С.И., к.б.н.; Каган Д.И., к.б.н.; Кончиц А.П., к.б.н.; Копытков В.В., к.с.-х.н.; Крутовский К.В., проф.; Сидор А.И., к.с.-х.н., доцент.

Материалы публикуются преимущественно в авторской редакции.

Материалы 5-ой Международной конференции-совещания изданы на основании постановления ученого совета Института леса НАН Беларуси от 12 сентября 2017 г., протокол № 16.

National Academy of Sciences of Belarus  
Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Bioresources  
Institute of Forest of the NAS of Belarus  
Ministry of Forestry of the Republic of Belarus  
International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)

# **CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES**

**PROCEEDINGS OF THE 5-th INTERNATIONAL  
CONFERENCE  
(October 02-07, 2017, Homel, Belarus)**

**DEDICATED TO THE MEMORY OF OUTSTANDING SCIENTISTS  
IN THE FIELD OF FOREST GENETICS, BREEDING AND  
POPULATION BIOLOGY,  
Z.S. PODZHAROVA, N.V. GLOTOV, A.I. IROSHNIKOV**

Homel  
LLC "Kolordruk"  
2017

**Conservation of Forest Genetic Resources:** Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference (October 02-07, 2017, Homel, Belarus) / NAS of Belarus, Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Bioresources, Institute of Forest of the NAS of Belarus. – Homel: LLC "Kolordruk", 2017. – 262 p.

**ISBN 978-985-6768-29-6**

*The proceedings of the 5th International Conference "Conservation of Forest Genetic Resources" contain the abstracts of scientists from Belarus, Russia, Azerbaijan, Bulgaria, Brazil, Germany, India, Iran, Kazakhstan, Latvia, Moldova, Poland, Russia, Romania, USA, Turkey, Ukraine, Switzerland, devoted to studying, conservation, monitoring and rationale use of forest genetic resources.*

The proceedings is intended for specialists of forestry, researchers of forestry research institutions, teachers, post-graduate students, undergraduates and students of forest, biological and ecological specialties of high schools and colleges.

**Editorial board:** A.I. Kovalevich, Ph.D., Ass. Prof. (Editor-in-Chief); V.E. Padutov, Dr. hab., Member Corr. of the NAS of Belarus (Deputy Editor-in-Chief); O.Yu. Baranov, Ph.D., Ass. Prof.; S.I. Ivanovskaya, Ph.D.; D.I. Kagan, Ph.D.; A.P. Konchits, Ph.D.; V.V. Kopytkov, Ph.D.; K.V. Krutovsky, Prof.; A.I. Sidor, Ph.D., Ass. Prof.

The proceedings are published mainly in the author's edition.

The proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference are published on the basis of the resolution of the Scientific Council of the Institute of Forest of the NAS of Belarus of September 12, 2017, Protocol No. 16.

# ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГАРЕЙ УСМАНСКОГО БОРА

Алиев Э.В.

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия, [elyamin.aliev@mail.ru](mailto:elyamin.aliev@mail.ru)

Одной из основных лесообразующих пород ЦЧР является сосна, насаждения которой, особенно молодняки, представляют наибольшую пожарную опасность. Характерной особенностью лесного фонда Центрально-Черноземного региона является большая площадь, занятая насаждениями искусственного происхождения – 35,4% лесопокрытой площади. При этом на долю насаждений 1 и 2 классов возраста приходится более 64% площади. Средний класс природной пожарной опасности ЦЧР равен 2,7, и он является одним из самых высоких для лесов Российской Федерации.

В лесостепном районе Центрального Черноземья, в основном, восстанавливают леса искусственным путем – созданием лесных культур, но нам представляется весьма интересным естественное возобновление гарей Левобережного лесничества Учебно-Опытного лесхоза ВГЛТУ кв. 88 (площадью около 50 га) осинной семенного происхождения.

В классической научной литературе (Морозов, Побединский и др.) отмечается, что осина может сменять сосновые насаждения в результате сплошных вырубок или пожаров, когда последние произрастают на увлажненных и сырых почвах. Эти оголенные почвы быстро покрываются светолюбивыми злаками и задерневают. В свежих борах Левобережного лесничества в напочвенном покрове преобладает вереск, где естественное возобновление значительно лучше, чем на злаковой растительности. Иначе обстоит дело в сухом бору, где пожар не приводит к смене пород, потому что в составе сухих боров осина не принимает участия из-за сухости и бедности песков. Если и можно встретить в подобных условиях деревья этих пород, то, во-первых, их обыкновенно немного, а во-вторых, осина растет чрезвычайно плохо, суховершинет. П.С. Погребняк отмечал, что на свежих и сырых почвах смена сосны мягколиственными породами протекает постепенно: в первые годы осина растет быстро, а подрост сосны, спустя небольшой промежуток времени, нагоняет лиственные породы и к 40 годам вытесняет осину и другие породы.

Таблица – Показатели роста и состояния естественного возобновления осины на гарях Левобережного лесничества Учебно-Опытного лесхоза ВГЛТУ

Дата учета	Кол-во растений на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Высота средняя, м	Диаметр у корневой шейки средний, мм	Средневзвешанная категория состояния, балл
Осина (25 августа 2011 г.)	12,0 ± 3,5	0,9 ± 0,11	6,5 ± 0,23	1,0 ± 0,11 (здоровые)
Осина (4 октября 2012 г.)	9,0 ± 4,2	1,3 ± 0,27	9,5 ± 0,32	1,2 ± 0,13 (здоровые)
Осина (25 сентября 2013 г.)	7,0 ± 3,8	1,7 ± 0,33	11,5 ± 0,37	1,3 ± 0,15 (здоровые)
Осина (5 августа 2017 г.)	0,3 ± 2,7	4,8 ± 0,37	59,0 ± 0,25	1,1 ± 0,13 (здоровые)

Дальнейшее формирование культур сосны с примесью осины должно сопровождаться уходами за почвой, оптимальной густотой подроста осины и культур сосны, не допуская поражения сосны паразитом *Melampsora*, который может вызвать у сосны появление соснового вертуна.

## FEATURES RESTORE BURNT AREAS OF THE USMANSKY PINE FOREST

Aliyev E.V.

G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia,  
*elyamin.aliyev@mail.ru*

One of the main tree species of the Central Chernozem region is pine plantations of which, especially the young, are the greatest fire hazard. A characteristic feature of the forest Fund of the Central black earth region is a large area occupied by plantations of artificial origin and 35.4% of the forested area. The share of plantations 1 and 2 age classes accounted for more than 64% of the area. The average class of natural fire danger CCHR is 2.7, and he is one of the highest forests of the Russian Federation.

In the forest-steppe the Central black earth region, mainly restoring the forests by artificial means, the creation of the forest cultures, but it seems to us a very interesting natural regeneration of burnt areas of the left Bank of forestry Training and experimental Leskhov UGLTU sq 88 (area about 50 ha) aspen of seed origin.

In classic scientific literature (Morozov, Pobedinsky, etc.) it is noted that aspen can replace pine plantations as a result of clear felling or fires, when the latter grow on moist and wet soils. These bare soil is quickly covered by light-loving grasses and sidernaval. In fresh pine forests of left-Bank forest in the soil cover is dominated by Heather, where natural regeneration is much better than the cereal grasses. This is not the case in the dry forest, where the fire does not result in change of species, because in the dry hog aspen did not participate because of the dryness and poverty of the Sands. If you can meet in such conditions, trees of these species, then, first, they are commonly a bit, and secondly, aspen is growing extremely bad, showerscene. P.S. Pogrebnyak was noted that fresh and wet soils change pine softwood species occurs gradually: in the first years of the aspen grows quickly, and the undergrowth of pine, after a short period of time, catching hardwoods for 40 years displaces aspen and other species.

Table – Indicators of growth and condition of natural regeneration of aspen on the burned areas of left-Bank forest UGLTU

Posting date	Number of plants per 1 m <sup>2</sup>	Height medium, m	Diameter at the root collar medium, mm	Weighted average condition category, score
Aspen (August 25, 2011)	12.0 ± 3.5	0.9 ± 0.11	6.5 ± 0.23	1.0 ± 0.11 (healthy)
Aspen (October 4, 2012)	9.0 ± 4.2	1.3 ± 0.27	9.5 ± 0.32	1.2 ± 0.13 (healthy)
Aspen (September 25, 2013)	7.0 ± 3.8	1.7 ± 0.33	11.5 ± 0.37	1.3 ± 0.15 (healthy)
Aspen (August 5, 2017)	0.3 ± 2.7	4.8 ± 0.37	59.0 ± 0.25	1.1 ± 0.13 (healthy)

The formation of the pine mixed with aspen must be accompanied by the care of the soil, the optimum density of the undergrowth of aspens and the pine, avoiding defeat pine *Melampsora* parasite, which can cause pine trees have the appearance of pine vertuna.

## **ЗАПОВЕДНОЕ ДЕЛО И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА**

Арпентьева М.Р.

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга, Россия,  
*mariam\_rav@mail.ru*

Экологическая ситуация в современном мире в целом отличается все нарастающей интенсивностью антропогенного воздействия на природную среду, многообразием экологических проблем, спектр которых все расширяется как в качественном, так и количественном отношении. В первую очередь это проблемы, связанные с (вос)созданием благоприятных условий для жизнедеятельности и развития человека, его здоровья, а также проблемы охраны окружающей среды и использования природных ресурсов. Многие из них связаны с лесом, его сохранением и восстановлением. Воздействие человеческой активности на лес неоднозначно: в процессе взаимодействия человека и леса возникают самые разные эффекты, от непосредственного уничтожения до опосредованного гормезиса – стимулирующего действия умеренных доз стрессоров, от непосредственного развития и расширения до опосредованного вырождения, деградации лесной флоры и фауны. Поэтому однозначных оценок и тем более понимания механизмов происходящего нет: часть ученых отмечают ингибирование роста лесной биоты, часть отвергают наличие каких-либо последствий антропогенного воздействия, часть фиксируют возможность гормезиса, т.е. позитивного действия, например, относительно невысоких негативных воздействий, которые стимулируют ростовые и формообразовательные процессы. Большое значение в этом процессе играет заповедная и природоохранная деятельность. Чтобы выжить в современных социально-экономических и культурно-политических условиях, часть природоохранных территорий, в том числе заповедников, вынуждены разрешить контролируемый доступ туристическим организациям и массовым посещениям. Это разрешение обострило целый ряд проблем как самих заповедников, заказников как новых центров новых туристических дестинаций, так и проблем экологического туризма, развитие которого тесно связано с изменениями в социальной, политической, экономической и культурной жизни страны и всего человечества на переломе веков. Центральными вопросами в рассмотрении соотношения данных понятий стали вопросы: 1) организации туристических дестинаций и систем управления экологическим туризмом, таким образом, чтобы удовлетворить как потребности экологического, а также связанных с ним паломнического и образовательного туризма, и удовлетворить потребности самой дестинации,

созданной в целях сохранения или восстановления уникальных биологических объектов, флоры, фауны, территорий; 2) вопросы повышения экологической культуры населения и удовлетворения потребностей населения таким образом, чтобы это не мешало, а помогало развитию заповедников и иных ранее закрытых или малодоступных территорий или акваторий; 3) вопросы зонирования охраняемых природных территорий и кластеризации туристического бизнеса в рамках каждого из вида территорий, в том числе с точки зрения возможности создания и типа туристических дестинаций. Кроме того, существует необходимость развития буферных зон и «транспортных коридоров» вокруг и между заповедниками и иными особо охраняемыми природными территориями. Существование собственно заповедных, закрытых зон как «каркасных узлов» создает лишь видимость охраны природы. Успешная и реальная охрана предполагает зонирование и системность в построении охраняемых территорий и соседних с ними зон большей или меньшей антропоной активности. Аналогичным образом необходимо зонирование в экологическом туризме: нужно четко распределить и соотнести интересы туристов и уровень имеющейся у них и в обществе в целом экологической культуры, и зоны, в которые они могут быть безопасно для себя и заповедников допущены. Необходимо также выработать различные режимы посещения в контексте их времени и пространственной организации. Экологический туризм требует высокопрофессионального подхода, но на деле существует огромный дефицит квалифицированных специалистов, которые бы понимали специфику экологического туризма, суть туроператорской деятельности, ценовой политики в сфере агротуризма, важность рекламы, геомаркетинга и геобрендинга, информационного и воспитательного сопровождения потока посетителей.

## **NATURE CONSERVATION AND PROBLEMS OF MODERN ECOLOGICAL TOURISM**

Arpentieva M.R.

K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University, Kaluga, Russia,  
*mariam\_rav@mail.ru*

The ecological situation in the modern world as a whole was characterize by the ever-increasing intensity of anthropogenic impact on the natural environment, the diversity of environmental problems, the range of which is expanding both qualitatively and quantitatively. First of all, these are problems associated with (re)creating favorable conditions for life and development of a person, his health, as well as the problems of protecting the environment and using natural resources. Many of them was connect by forest, its preservation and restoration. The impact of human activity on the forest is ambiguous: in the process of interaction between man and forest, a variety of effects arise, from direct destruction to mediated hormesis – the stimulating effect of moderate doses of stressors, from direct development and expansion to mediated degeneration, degradation of forest flora



and fauna. Therefore, there are no unambiguous assessments, let alone understanding the mechanisms of what is happening: some scientists note the inhibition of forest biota growth, some reject the presence of any consequences of anthropic influence, some fix the possibility of hormesis, i.e. positive action, for example, relatively low negative impacts, which stimulate growth and formative processes. Great importance in this process is played by conservation and nature protection activities. To survive in modern socio-economic and cultural-political conditions, part of nature protection areas, including reserves, are forced to allow controlled access to tourism organizations and mass visits. This resolution has aggravated a number of problems both in the reserves themselves, in reserves as new centers of new tourist destinations, and in the problems of ecological tourism, the development of which is closely linked to changes in the social, political, economic and cultural life of the country and of all mankind at the turn of the century. The central issues in the consideration of the correlation of these concepts were the issues of 1) the organization of tourist destinations and systems for the management of ecological tourism, in such a way as to meet both the needs of environmental, as well as related pilgrimage and educational tourism, and meet the needs of the destination itself, restoration of unique biological objects, flora, fauna, territories; 2) the issues of increasing the ecological culture of the population and meeting the needs of the population in a way that does not hinder but helps the development of reserves and other previously closed or inaccessible territories or water areas; 3) zoning of protected natural areas and clustering of tourism business within each of the types of territories, including in terms of the possibility of creating and the type of tourist destinations. In addition, there is a need to develop buffer zones and "transport corridors" around and between reserves and other specially protected natural areas. The existence of strictly reserved, enclosed zones as "framework nodes" creates only the appearance of nature protection. Successful and real protection assumes zoning and systemic character in the construction of protected areas and adjacent zones of more or less anthropic activity. Similarly zoning in ecological tourism is necessary: it is necessary to clearly distribute and correlate the interests of tourists and the level of ecological culture that they and society have in common, and the zones in which they can be safe for themselves and reserves was allow. It is also necessary to develop different visiting regimes in the context of their time and spatial organization. Ecological tourism requires a highly professional approach, but in reality there is a huge shortage of qualified specialists who would understand the specifics of eco-tourism, the essence of tour operator activity, pricing policy in the field of agro-tourism, the importance of advertising, geo-marketing and geo-branding, information and educational support for the flow of visitors.

# ВЫЯВЛЕНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, АССОЦИИРОВАННЫХ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ИНФЕКЦИОННОМУ ПОЛЕГАНИЮ СЕЯНЦЕВ

Баранов О.Ю.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь,  
*betula-belarus@mail.ru*

За последние десятилетия в лесном хозяйстве Беларуси отмечаются негативные тенденции, связанные с обострением фитопатологической ситуации, что вызвано длительным отрицательным воздействием целого комплекса абиотических, биотических и антропогенных факторов на лесные ценозы. При этом увеличение числа случаев возникновения фитозаболеваний отмечается для различных пород и возрастных групп растений, что указывает на неспецифичный характер инфекционных болезней, возникающих как следствие снижения биологической устойчивости растительных организмов. Это подтверждается и актуализированным видовым перечнем доминирующих групп фитопатогенов, среди которых наибольшее распространение получили факультативные паразиты, ранее представлявшие естественную сопутствующую микрофлору. Дополнительное ухудшение фитосанитарного состояния лесов вызывают инвазии чужеродных видов патогенов, по отношению к которым отсутствуют естественные механизмы защиты со стороны аборигенной дендрофлоры.

Устойчивость лесобразующих древесных растений, исходя из представленных в литературе данных, как правило является горизонтальной, или неспецифичной. Генетические детерминанты горизонтальной устойчивости зачастую имеют полигенный характер и представляют собой комплексную систему, сложившуюся в ходе коэволюции древесных растений и фитопатогенных микроорганизмов. Отличительной особенностью функционирования механизмов, связанных с горизонтальной устойчивостью, является их взаимосвязь с общим физиологическим статусом растений – изменение которого может негативно отражаться на барьерных функциях отдельных тканей и органов.

Таким образом, основой стратегии выявления факторов устойчивости древесных растений, является поиск не только EST-маркеров, детерминирующих отдельные элементы взаимодействия в системе «хозяин–паразит», но и сторонние морфолого-анатомические и физиологические наследуемые признаки, обеспечивающие высокую экологическую пластичность по отношению к различным негативным факторам среды.

Инфекционное полегание сеянцев – распространенное заболевание посадочного материала сосны обыкновенной. Вызывается некротрофными грибами из родов *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Verticillium*, *Botrytis* – являющихся факультативными паразитами, широко представленными в почве. Характерным фактором, способствующим возникновению инфекционного полегания сеянцев, является длительное действие низких положительных температур (4-6 °С) в период формирования всходов, что приводит к

ослаблению и снижению устойчивости ювенильных растений. В то же время, последующее развитие очага инфекционного полегания сеянцев приводит к накоплению в почве специфических токсинов, выделяемых некротрофными грибами, и соответственно трансформирует комплекс факторов, определяющих ослабление растений.

В данном исследовании проведен молекулярно-генетический скрининг локусов, ассоциированных с толерантностью растений к холодовому шоку (Scant012, PsCHP, ATP-CH и др.). Кроме того, диагностирован перечень генов (SAL1T, JASps, RTAF3, APGTPs, NHTR2 и др.), детерминирующих салицилатный (системная приобретенная устойчивость) и жасмонатный (индуцированная системная устойчивость) метаболические пути. Предметом исследований явился генетический полиморфизм, уровень копийности и экспрессионный профиль для растений с различным уровнем устойчивости. Вторым моментом явилось сопоставление данных по общему уровню генетической изменчивости и дифференциации среди различных (по степени устойчивости к инфекционному полеганию) генотипов сосны обыкновенной.

## **IDENTIFICATION OF SCOTCH PINE DNA MARKERS ASSOCIATED WITH RESISTANCE TO INFECTIOUS LODGING OF SEEDLINGS**

Baranov O.Yu.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,

*betula-belarus@mail.ru*

Over the past decades, negative trends related to exacerbation of the phytopathological situation in forestry has been noted in Belarus, which are caused by a long negative impact of the wide complex of abiotic, biotic and anthropogenic factors. At the same time, an increase in the number of cases of diseases is noted for various species and age groups of plants – it indicates the non-specific nature of infectious diseases, as the result of loss of biological resistance of plant organisms. This is confirmed by the updated list of the dominant groups of phytopathogens, which are presented, in the main, by the widespread facultative parasites – components of natural concomitant microflora in past. Additional deterioration of the phytosanitary condition of forests was caused by invasion of alien pathogen species, and lack of natural mechanisms of resistance to them.

The resistance of forest-forming plant species, by literature data, is usually horizontal, or nonspecific. Genetic determinants of horizontal stability are often polygenic and complex. System of resistance is formed during the co-evolution of plants and phytopathogenic microorganisms. A distinctive feature of the functioning of mechanisms of horizontal resistance is their interrelation with the general physiological status of plants – the change of it can lead to lack the barrier functions of plant tissues and organs.

Thus, the basis of the strategy for identifying the factors of stability of woody plants is to search not only for EST markers which determine individual elements of interaction in the "host-parasite system", but also the different morphological,

anatomical, and physiological inherited traits which provide high ecological plasticity to various negative factors of the environment.

Infectious lodging of seedlings is a widespread disease of planting stock of Scots pine. It is caused by necrotrophic fungi from the genus *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Verticillium*, *Botrytis* – facultative widely represented in the soil parasites. The main factor contributing to the emergence of infectious lodging of seedlings is the long-term effect of low positive temperatures (4-6 °C) during the germination period, which leads to a weakening and a decrease of resistance of juvenile plants. At the same time, the subsequent growth of the outbreak area leads to the accumulation in the soil of fungal host-specific toxins, transforms a set of factors of plants weakening.

In this study, molecular genetic screening of loci associated with plant tolerance to cold shock (Scant012, PsCHP, ATP-CH, etc.) was performed. In addition, a list of genes (SAL1T, JASps, RTAF3, APGTPs, HHTR2, etc.) – salicylate (systemic acquired resistance) and jasmonic (induced systemic stability) metabolic pathways determinants was diagnosed. The subject of the study was genetic polymorphism, the copy number variations and the expression profile for plants with different levels of resistance. The second point was to compare the data of genetic variability and differentiation among different genotypes (sorted by level of resistance to infectious lodging) of Scots pine.

## **ТКАНЕВАЯ СЕЛЕКЦИЯ КАК МОДЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ЛОКУСОВ АССОЦИИРОВАННЫХ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ (НА ПРИМЕРЕ ВИДОВ РОДА БЕРЕЗА)**

Баранов О.Ю., Константинов А.В.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [avkonstantinof@mail.ru](mailto:avkonstantinof@mail.ru)

Клеточная и тканевая селекция регенерантов *in vitro*, полученных способом непрямого морфогенеза за счет процессов индуцированного мутагенеза и соматоклональной изменчивости позволяет расширять спектр генетического разнообразия исходного материала без внедрения чужеродных генов. В основе соматоклональной вариабельности лежат как крупные перестройки генома, так и точковые мутации в ядерной, хлоропластной и митохондриальной ДНК, что обуславливает необходимость исследования соматоклональной изменчивости на молекулярном уровне для изучения влияния культивирования клеток на частоту возникновения соматоклонов, соотношение среди отклоняющихся форм соматоклональных вариаций, мутаций и изменений негенетической природы, а также их генетической стабильности.

Проведение селекционной работы с древесными растениями на устойчивости к абиотическим факторам ограничено продолжительностью их жизненного цикла и высокой онтогенетической пластичностью генома, затрудняющими отбор перспективных форм, существенное повышение эффективности которого возможно с применением методов лесной

биотехнологии. Среди основных лесообразующих пород перспективной является работа с представителями рода *Betula* sp.

Материалом для экспериментальной работы являлись линии березы повислой (*Betula pendula* Roth.) клона 6-161/3, и клона березы № 52-84/8 гибридного (*Betula pubescens* Ehrh. × *pendula* Roth.) происхождения. Первичный каллус листового происхождения и регенерацию микрорастений *de novo* инициировали на среде MS (Murashige & Skoog, 1962) с регуляторами роста 6-BAР 5 мг·л<sup>-1</sup>, NAA 1 мг·л<sup>-1</sup>, TDZ 0,1 мг·л<sup>-1</sup> после 6 недель культивирования в темноте и 2 недель – при 2,0-3,0 тыс. люкс.

Растения оценивали по комплексу морфологических признаков и по способности к пролиферации в условиях моделированного стресса, на питательных средах содержащих маннит (1,5%, 3,0%, 6,0%) для понижения внешнего водного потенциала и хлорид натрия (0,25%, 0,50% и 0,75%) для имитации условий засоления. После 28 суток культивирования доказана относительно более высокая устойчивость ряда полученных линий растений к комплексному водно-солевому стрессу по сравнению с контрольными регенерантами.

Молекулярно-генетический анализ (RAPD метод) регенерантов с применением набора праймеров UBC-106, UBC-154, UBC-203, UBC-254, UBC-268), позволил выявить различные структурные перестройки геномов растений произошедшие вследствие мутаций и выраженные образованием дополнительных маркерных регионов либо элиминацией отдельных из них, что подтверждает соматоклональный статус растений-регенерантов, полученных в результате клеточной селекции.

Для анализа транскрипционного профиля растений был изучен уровень экспрессии ряда ДНК-маркеров, локализованных в хлоропластной ДНК берез. Среди проанализированных маркеров, наибольшей ассоциацией с солевым стрессом характеризовались локусы, детерминирующие рибосомные белки (Bet29611, Bet32443), РНК-связывающие белки (Bet25690, Bet10990, Bet56998) и деформилазу (Bet78392).

Таким образом, показано, что соматоклональные вариации в культуре тканей березы *in vitro* возникают уже на ранних этапах культивирования. Предложена методика индукции частоты соматоклональной изменчивости на этапе введения в культуру и отбора регенерантов путем культивирования березы *in vitro* на селективных средах в модельных условиях, приводящих к увеличению и расширению круга измененных признаков связанных с толерантностью древесных растений к абиотическим стрессам и маркирования локусов, ассоциированных с биологической устойчивостью.

# **IN VITRO TECHNIQUES IN PLANT BREEDING AS A MODEL DETECTION SYSTEM OF LOCUS ASSOCIATED WITH BIOLOGICAL SUSTAINABILITY (ON THE EXAMPLE OF BIRCH SPECIES)**

Baranov O.Yu., Konstantinov A.V.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*avkonstantinof@mail.ru*

Cell and tissue selection of regenerants *in vitro* obtained by the indirect morphogenesis method due to the processes of induced mutagenesis and somaclonal variability allows to expand the spectrum of the genetic diversity of the initial material without the introduction of foreign genes. The basis of somaclonal variability lies in both major rearrangements of the genome and point mutations in nuclear, chloroplast and mitochondrial DNA, which necessitates the study of somaclonal variability at the molecular level to study the effect of cell culture on the incidence of somaclones, the ratio among the deviating forms of somaclonal variations, mutations and changes in the non-genetic nature, as well as their genetic stability.

Carrying out selective work with woody plants on resistance to abiotic factors is limited by the duration of their life cycle and high ontogenetic plasticity of the genome, making it difficult to select promising forms, a significant increase in the efficiency of which is possible with the use of methods of forest biotechnology. Among the main forest-forming species, it is promising to work with representatives of the genus *Betula* sp.

The material for the experimental work was the lines of the birch bark (*Betula pendula* Roth.) of clone 6-161 / 3, and the clone of birch No. 52-84/8 hybrid (*Betula pubescens* Ehrh. × *pendula* Roth.) origin. The primary callus of leaf origin and the regeneration of *de novo* micro-plants were initiated on MS medium (Murashige & Skoog, 1962) with growth regulators 6-BAP 5 mg·l<sup>-1</sup>, NAA 1 mg·l<sup>-1</sup>, TDZ 0.1 mg·l<sup>-1</sup> after 6 weeks of cultivation in the dark and 2 weeks – at 2.0-3.0 thousand lux.

Plants were assessed for a complex of morphological features and for proliferation ability under simulated stress conditions, on nutrient media containing mannitol (1.5%, 3.0%, 6.0%) to lower the external water potential and sodium chloride (0.25%, 0.50 % and 0.75%) to simulate salinity conditions. After 28 days of cultivation, the relatively higher stability of a number of the obtained plant lines to complex water-salt stress was proved in comparison with the control regenerants.

Molecular genetic analysis (RAPD method) of regenerants using the primer set UBC-106, UBC-154, UBC-203, UBC-254, UBC-268) revealed various structural rearrangements of plant genomes due to mutations and expressed by the formation of additional marker regions or elimination of some of them, which confirms the somaclonal status of regenerating plants obtained as a result of cell selection.

To analyze the transcriptional profile of plants, the level of expression of a number of DNA markers localized in the chloroplast DNA of birch bark was studied. Among the analyzed markers, the loci determining ribosomal proteins (Bet29611, Bet32443), RNA-binding proteins (Bet25690, Bet10990, Bet56998) and

deformylase (Bet78392) were characterized by the greatest association with salt stress.

Thus, it was shown that somaclonal variations in the culture of birch tissues *in vitro* arise already at the early stages of cultivation. A method is proposed for inducing the frequency of somaclonal variability during the introduction into culture and selection of regenerants by cultivating birch *in vitro* on selective media under model conditions leading to an increase and widening of the range of altered signs associated with tolerance of woody plants to abiotic stresses and marking loci associated with biological stability.

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.)**

Барченков А.П.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия  
*alexbarchenkov@mail.ru*

По мнению Н.В. Дылиса (1947) изучение изменчивости морфометрических признаков семенных чешуй лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) имеет важное значение для ее внутривидовой систематики и аналитической селекции. Результаты исследований климатипов сибирской лиственницы в географических культурах (Дылис, 1947), происходящих из разных регионов, показали, что размеры чешуй и соотношение их длины и ширины оказываются признаками с прочно закрепленной наследственностью. То обстоятельство, что размер чешуи значительно отличается у лиственниц разного происхождения и в той или иной степени определяет все строение шишек, а также сроки созревания и вылета семян, делает его важным признаком для селекции и семеноводства. На высокую наследственную детерминацию морфологических признаков генеративных органов различных видов лиственницы указывалось в работах большинства исследователей биоразнообразия этой лесной породы (Милютин, 1983; Абаимов, Коропачинский, 1984; Авров, 1990; Путенихин и др., 2004). Данный факт также подтверждается при изучении морфоструктуры других хвойных (Попов, 1999; Khalil, 1974; Matziris, 1998; Sharma et al., 1999).

Анализ изменчивости признаков семенных чешуй проводился в ценопопуляциях различных географических рас и в зависимости от условий произрастания. Образцы семенных чешуй отбирали с 30 деревьев на каждой пробной площади. Исследовали такие признаки как длина и ширина семенной чешуи, отношение ширины чешуи к ее длине (индекс конфигурации плоскости семенной чешуи) и форма края семенной чешуи. В соответствии с индексом конфигурации плоскости семенной чешуи проводили классификацию деревьев на узкочешуйные, широкочешуйные и деревья с переходной формой этого признака. Географическая изменчивость размеров семенных чешуй проявляется в дифференциации признаков, как между расами, так и в зависимости от условий произрастания. Деревья с мелкими

чешуями преобладают в ценопопуляциях у восточной границы ареала лиственницы сибирской, которые относятся к байкальской расе этого вида. Наиболее крупные семенные чешуи выявлены у деревьев в ценопопуляции саянской расы в низкогорье Кузнецкого Алатау. Проявляется значительный полиморфизм в исследованных насаждениях лиственницы по конфигурации плоскости семенной чешуи и форме ее края. В северной ценопопуляции (полярная раса) наблюдалось доминирование деревьев переходной и широкочешуйной форм. В ценопопуляциях саянской расы преобладают деревья переходной формы по конфигурации плоскости семенной чешуи. Наибольшая изменчивость конфигурации плоскости семенной чешуи обнаружена в ценопопуляциях алтайской и байкальской рас. В обеих расах отмечено увеличение встречаемости широкочешуйных форм в среднем горном поясе (более 50%). В низкогорной ценопопуляции байкальской расы (500 м над ур. м.) выявлено более 50% деревьев, имеющих узкочешуйные шишки, что не наблюдалось в низкогорье Алтая. Таким образом, установлено, что расовый состав лиственницы сибирской весьма неоднороден. Наиболее существенными отличиями морфометрических признаков семенных чешуй обладает байкальская раса сибирской лиственницы. Несмотря на это, значительное влияние вариации признаков под действием локальных условий произрастания нивелирует межрасовую изменчивость.

## **VARIABILITY OF THE SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) SEED SCALES**

Barchenkov A.P.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
*alexbarchenkov@mail.ru*

The study of morphological features seed scale Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) larch variability is important for intraspecific systematics and analytical selection (Dylis, 1947). The results of studies of Siberian larch in geographic cultures have shown that the size of scales and form of its are hereditary features (Dylis, 1947).

Variation of seed scales size, forms of flat and scale edge of it have been analyzed. Population analysis has been carried out on the phenotypic races and, depending on growing conditions. Four races of the Siberian larch have been investigated. The populations from highlands and low mountains sites of every race have been studied. Samples of seed scales have been selected from thirty trees on each plot. The length and width of the seed scale, the form index of scale and the edge form of seed scale have been considered. The classification of trees on tight scale, wide scale and intermediate forms have been carried out in accordance with the index form of seed scales. The geographic variation analysis of seed scales sizes showed the differentiation of features between races, and, depending on growing conditions. The trees with small scales dominate in larch populations of Baikal race of this species. The largest seed scales have been found in the trees of Sayan race



populations in the Kuznetsky Alatau low mountains sites. Polymorphism in the form of seed scale and form its edge has been detected in the studied larch populations. The dominance of "wide scale" and "intermediate" forms trees have been observed in the northern populations (the polar race). The "intermediate" form trees on type flat seed scale predominate in populations of the Sayan race. The most variability of seed scale forms have been found in populations of the Altai and Sayan races. Increased occurrence of wide scale form in the upper mountain belt have been found in both races (more than 50%). In contrast, more than 50% of the trees that have cones of tight scale form have been revealed in populations of the Baikal Olkhon Island at altitude of 500 meters above sea level.

## **ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ И ПЛСУ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ РАВНИНЫ**

Благодарова Т.А.

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия

*Tana-Blagodarova@yandex.ru*

С целью улучшения качественного состава лесов и повышения их продуктивности проводится инвентаризация постоянной лесосеменной базы дуба черешчатого в Курской, Белгородской, Липецкой, Воронежской областях с 2008 года по настоящее время в рамках Госконтракта «Научно-методическое обоснование и разработка рекомендаций по сохранению генофонда, повышения продуктивности и качества дубрав ЦЧР».

Получены сведения о состоянии, местоположении, фенотипах 153 плюсовых деревьев дуба черешчатого в Белгородской области, 71 плюсового дерева в Курской области, 50 плюсовых деревьев в Липецкой области, 20 плюсовых деревьев в Воронежской области (Аннинское и Теллермановское лесничества). Всего описано 295 плюсовых деревьев дуба черешчатого.

В результате обследований обнаружены погибшие, поврежденные деревья, рекомендуемые к списанию. Таких деревьев в Липецкой области среди обследованных 36%, в Воронежской области – 45%, в Курской области – 23%, в Белгородской области – 30%. Характерные повреждения, приводящие к ослаблению дерева: усыхающие ветви кроны (скелетные, в верхней части). Деревья спелые и приспевающие. Такое положение свидетельствует о том, что необходимо проводить отборы более здоровых деревьев на смену рекомендуемых к списанию, учитывать регулярно урожаи желудей на них и рекомендовать в плюсовые наиболее урожайные деревья.

Постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ) дуба черешчатого, обследованные нами в Липецкой, Белгородской, Курской, Воронежской (Аннинское и Теллермановское лесничества), показали ряд несоответствий их требованиям нормативных документов (Приказ Минприроды России от 20.10.2015 № 438). Так, в Курской области в Щигровском лесничестве ПЛСУ дуба черешчатого перегушено (410 шт./га), по состоянию – ослабленное,

отмечено хорошее естественное возобновление, что свидетельствует о пригодности его для сбора желудей. В Липецкой области в Тербунском лесхозе ПЛСУ дуба черешчатого выделено в различных лесорастительных условиях: Д<sub>1</sub> – дубрава сухая осоко-злаковая и Д<sub>2</sub> – дубрава свежая снытьевая. На первом участке подрост единичный в возрасте 5-10 лет. На втором участке подрост до 25 шт./м<sup>2</sup> в возрасте от 2 до 10 лет. Наличие подроста свидетельствует о хорошем плодоношении, однако в паспорте данные об урожаях не зафиксированы. В Белгородской области ПЛСУ дуба черешчатого наиболее многочисленные – более 30 в 11 лесничествах на площади более 250 га. Однако пригодных для сбора желудей пока нет. Перспективны для сбора желудей поздней фенотипической формы ПЛСУ в Валуйском, Корочанском, Красногвардейском лесничествах Белгородской области. В Курской области особое внимание надо обратить на ПЛСУ дуба в Хомутовском лесничестве, представленное поздней фенотипической формой. Урожайи отмечаются в урожайные годы, имеется самосев. В Воронежской области в Аннинском лесничестве на ПЛСУ дуба в основном поздняя форма, количество семенных деревьев до 140 шт./га, отмечается наличие урожаев в количестве 20-50 кг/га. В Теллермановском лесничестве, Грибановском участковом лесничестве отмечается наличие желудей у отдельно стоящих деревьев.

Инвентаризация плюсовых деревьев и ПЛСУ дуба черешчатого выявила ряд недостатков, имеющих место на этих объектах, при этом выделены наиболее перспективные для дальнейшей работы по сбору желудей. Ведение плюсовой и популяционной селекции на таких объектах будет способствовать сохранению генофонда, повышению продуктивности и качества дубрав ЦЧР.

## **INVENTORY OF PLUS TREES AND PLOT OF PEDUNCULATE OAK IN THE CENTRAL FOREST-STEPPE OF THE CENTRAL RUSSIAN PLAIN**

Blagodarova T.A.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*Tana-Blagodarova@yandex.ru*

With the aim of improving the quality of forests and enhance their productivity inventory of permanent looselines database of pedunculate oak in the Kursk, Belgorod, Lipetsk, Voronezh Regions from 2008 to the present, in the framework of the state Contract "Scientific and methodological substantiation and development of recommendations for preservation of the gene pool, increasing productivity and quality of oak woods of the Central Chernozem region".

The obtained information about the condition, location, proforma 153 plus trees of pedunculate oak in the Belgorod Region, 71 plus trees in the Kursk Region, 50 plus trees in the Lipetsk Region, 20 plus trees in the Voronezh Region (Anna and Tillermans forestry). Just described 295 plus trees of pedunculate oak.

As a result of the survey discovered dead, damaged trees that are recommended for write-off. Such trees in the Lipetsk Region among surveyed 36%, in the Voronezh Region – 45%, in Kursk Region – 23%, in the Belgorod Region –

30%. Typical damage, leading to weakening of the wood of decaying branches of the crown (skeletal in the upper part). The trees are ripe and ripening. This situation suggests that there should be more selection of healthy trees to replace the recommended for write-off to account for regular crops of acorns on them and to recommend positive in the most productive trees.

Permanent forest seed plots (PLOT) of pedunculate oak, examined in Lipetsk, Belgorod, Kursk, Voronezh (Anninsky and Tillermans forestry) showed a number of inconsistencies in their requirements of normative documents (Order of Ministry of Russia from 20.10.2015 No. 438). So, in Kursk Region Shchigry forestry PLOT *Quercus robur* condensed (410 PCs/ha), as – is weakened, observed good natural regeneration, which indicates its suitability for gathering acorns. In the Lipetsk region in Terbunskiy forestry PLOT of oak-trees selected in different forest conditions: D<sub>1</sub> – Dubrava dry Osaka-grass and D<sub>2</sub> – Dubrava fresh snitava. In the first section, young individual at the age of 5-10 years. In the second section the undergrowth to 25 pieces/m<sup>2</sup> in age from 2 to 10 years. The undergrowth is evidence of good fruiting, but the passport data on crops are not recorded. In the Belgorod Region PLOT of pedunculate oak are the most numerous – more than 30 in 11 forest districts in the area more than 250 ha. However, suitable for the collection of acorns yet. Promising to gather acorns in the late forma PLOT Valuisky, Korochanskiy, Belgorod Central forest Region. In the Kursk Region, special attention should be paid to PLOT oak in the Chomutov forestry submitted late proformas. The observed yields in good years, there is self-seeding. In the Voronezh Region, Anninsky in forestry on PLOT oak, mostly in late form, the number of seed trees up to 140 PCs/ha, the presence of crops in the amount of 20-50 kg/ha. In Tillermans forestry, Gribanovskiy district forestry reported the presence of acorns from isolated trees.

Inventory of plus trees and PLOT of pedunculate oak have revealed a number of shortcomings of these facilities, highlighting the most promising for further work on the collection of acorns. Maintaining a positive and population breeding at such facilities will contribute to the preservation of the gene pool, increasing productivity and quality oak CCHR.

## **ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СО<sub>2</sub>-ГАЗООБМЕН И РОСТ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ**

Болондинский В.К.

Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия,  
*bolond@krc.karelia.ru*

За последние 50-70 лет отмечено сокращение ресурсов карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti), в природных популяциях вплоть до полного исчезновения. Естественное возобновление карельской березы на территории Карелии практически отсутствует (Ветчинникова, 2004). Такая же ситуация наблюдается и в соседней с нами стране – Финляндии (Nagqvist, Mikkola, 2008). Наблюдения за культурами карельской березы показывают, что, как жизнеспособность деревьев, так и выход ценной

древесины увеличиваются с ростом плодородия почвы. Нашей задачей являлось изучение  $\text{CO}_2$ -газообмена и роста у карельской березы (*КБ*) и березы повислой (*БП*) в условиях разной обеспеченности элементами азотного питания.

Исследования проводились на 7-летних растениях *БП* и *КБ* на пробных площадях Агробиологической станции КарНЦ РАН, расположенной на южной окраине г. Петрозаводска. Одна из площадей была разбита на 4 изолированных сектора, в каждом из которых под деревья вносилось от 20 до 60 г растворенного минерального удобрения ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  или комплекса *НРК* из расчета соотношения веществ 100:10:50). В контрольном секторе в круг диаметром 1 метр с деревом посередине вливалось ведро чистой воды. Растения удобряли 4 раза с начала июня по середину июля. В момент измерений у многих деревьев карельской березы уже проявились внешние признаки узорчатой текстуры в древесине. Измерения  $\text{CO}_2$ -газообмена проводились в дневной динамике с 10 до 16 часов на интактных сформировавшихся листьях с помощью портативной фотосинтетической системы Li-6200 (LiCor, USA). Проверку гипотез и оценку существенных различий между средними величинами осуществляли с помощью критерия Стьюдента при 5%-ном уровне значимости.

Даже небольшие дозы азотного удобрения (20 г на дерево) способствовали развитию корневой системы и благоприятно сказывались на оводненности листьев. У удобренных саженцев устьичное ограничение фотосинтеза в засуху было не таким сильным, как у саженцев контрольного сектора. Внесение удобрений увеличивало, прежде всего, у карельской березы использование малых доз солнечной радиации. Сравнение моделей световых кривых *БК* и *БП* в контрольном секторе и в секторе, где было внесено 60 г, показало снижение у *БК* константы насыщения, уменьшение светового компенсационного пункта в большей степени, чем у *БП*. В контрольном секторе различие средних значений фотосинтеза у *БК* и *БП* за весь период измерений было незначимым ( $p = 0,12$ ), а в секторе *Н60* фотосинтез карельской березы превосходил фотосинтез березы повислой в среднем на 25% ( $p = 0,002$ ). На контрольном участке средние значения фотосинтеза составили у *БК* и *БП* при высоких значениях  $\PhiАР$  9,5 и 8,9  $\text{мкмоль м}^{-2} \text{с}^{-1}$ , на удобренных – 12,3 и 12,7  $\text{мкмоль м}^{-2} \text{с}^{-1}$  соответственно.

Внесение удобрений во всех вариантах способствовало увеличению площади поверхности листьев кроны, что отразилось на росте деревьев. Так, при внесении 40 г на дерево *БК* средний диаметр у корневой шейки *БК* через 2 года после последнего внесения удобрений увеличился с 4,5 до 5,6 см, а максимальный диаметр – с 8,6 до 11,1 см. При этом количество деревьев с ярко выраженными признаками карельской березы в максимально удобренных секторах было значительно больше, чем в контрольном секторе. Высота удобренных деревьев прямоствольной формы *БК* и деревьев *БП* была соответственно на 15 и 18% выше, чем у контрольных деревьев. Таким образом, внесение удобрений повышало эффективность выращивания различных экологических форм березы повислой.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (проект № 0220-2014-0010) и при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 17-04-01087-а).

## INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON CO<sub>2</sub> GAS EXCHANGE AND GROWTH OF KARELIAN BIRCH AND SILVER BIRCH

Bolondinskii V.

Forest Research Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences,  
Petrozavodsk, Russia, [bolond@krc.karelia.ru](mailto:bolond@krc.karelia.ru)

For the last 50-70 years, reduction of resources of the Karelian birch (*Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti) in natural populations, down to full disappearance, is noted. There is practically no natural regeneration of Karelian birch in Karelia (Ветчинникова, 2004). The same situation is in our neighbour country – Finland (Hagqvist, Mikkola, 2008). Investigations of Karelian birch cultures show that both tree vitality and valuable wood yield increase with enlarging of soil fertility. Our aim was to investigate CO<sub>2</sub> gas exchange and growth of Karelian birch (*BC*) and Silver birch (*BP*) in environment with different levels of nitrogen nutrition.

Experiments have been carried out on 7 years old trees of *BP* and *BC* on the trial plots of Agrobiological Station of KarRC RAS, in the southern outskirts of Petrozavodsk. One of the plots was divided into 4 isolated sectors. In each sector, soluble mineral fertilizer (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> or complex NPK in proportion 100:10:50) (from 20 to 60 g) was added under each tree. In control sector, a pail of pure water was poured into a circle of 1 m diameter around each tree. Trees were fertilized 4 times since early June to middle July. At the time of measurements most Karelian birch trees have already exhibited external signs of figured texture of wood. Measurements of CO<sub>2</sub> gas exchange in intact mature leaves were carried out from 10 a.m. to 4 p.m. with help of portable system Li-6200 (LiCor, USA). Checkout of hypotheses and estimation of significant differences between average magnitudes were carried out with the help of a Student criterion at 5% level of significance.

Even small doses of nitrogen fertilizer (20 g per tree) contributed to development of roots and had favourable effect on water condition of leaves. At fertilized seedlings stomatal limitation of photosynthesis during a drought was not such strong as in control sector. Applying of fertilizers increased usage of low doses of solar radiation, first of all at a Karelian birch. Comparison of models of lightcurves *BC* and *BP* in control sector and in sector where 60 g have been brought (N60), has shown decrease of saturation constant, reduction of light compensation point at *BC* in the greater degree than at *BP*. In control sector, distinction of average values of photosynthesis at *BC* and *BP* for all period of measuring was insignificant ( $p = 0.12$ ), and in sector N60, photosynthesis of a Karelian birch was higher than photosynthesis of a Silver birch on the average on 25% ( $p = 0.002$ ). At high values of PhAR, average values of photosynthesis in control sector were 9.5 and 8.9  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  at *BC* and *BP*, accordingly, and on fertilized area they were 12.3 and 12.7  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , accordingly.

In all variants, applying of fertilizers resulted in enlarging of leaves surface area of crown and that was reflected in growth of trees. So at addition of 40 g per tree, effective diameter of Karelian birch at root neck increased, in 2 years after last fertilization, from 4.5 up to 5.6 cm and maximal diameter increased from 8.6 up to 11.1 cm. Quantity of trees with strongly pronounced signs of a Karelian birch in as much as possible fertilized sectors was much more, than in control sector. The fertilized trees of straight-stemmed shape of *BC* and trees *BP* was, accordingly, 15% and 18% higher than control trees. Thus, the fertilization raised efficiency of cultivation of various ecological shapes of Silver birch.

## **ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА ЭЛИТНОЕ СЕМЕНОВОДСТВО ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В РОССИИ**

Бондаренко А.С.<sup>1</sup>, Жигунов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,  
Санкт-Петербург, Россия, *asbond@mail.ru*

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,  
Санкт-Петербург, Россия, *a.zhgunov@bk.ru*

В настоящее время в России приоритетной задачей развития лесного селекционного семеноводства является реализация мероприятий по созданию лесосеменных объектов повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ) с перспективой перехода на элитное семеноводство (прежде всего, это создание ЛСП второго порядка – ЛСП-2).

Попытки реализовать эти задачи на основе различных вариантов отбора плюсовых деревьев по фенотипу, в частности, с использованием современных методов анализа генома, различного рода корреляционных зависимостей, вовлечения в анализ широкого набора спектрабиометрических показателей, использования молекулярных маркеров и т.п. не являются в достаточной мере обоснованными ни с научной, ни с практической точек зрения. Единственным научно-обоснованным общепризнанным методом перехода к элитному семеноводству в настоящее время является испытание семенного потомства плюсовых деревьев по их генотипу на основе создания специализированных объектов – испытательных культур. Без создания этих объектов переход на элитное семеноводство лесных пород попросту невозможен.

Испытание семенного потомства генотипов плюсовых деревьев и последующий переход на элитное семеноводство сталкивается с существенными проблемами, требующими первоочередного решения, среди которых, прежде всего, можно назвать следующие:

– длительные сроки испытания семенного потомства плюсовых деревьев в испытательных культурах. Решением данной проблемы может быть снижение требований нормативных документов к возрасту окончательной оценки генетических свойств семенного потомства в испытательных культурах;

– биологический возраст привойного материала. Возраст плюсовых деревьев, с которых могут заготавливаться черенки для создания ЛСП-2, с учетом возраста их отбора в насаждениях и длительностью сроков испытания их генетических свойств в испытательных культурах становится критическим, что неминуемо отразится на устойчивости и продуктивности создаваемых лесосеменных плантаций. Задержка с проведением испытаний потомств плюсовых деревьев также увеличивает возраст деревьев, с которых могут заготавливаться черенки. Вариантом решения проблемы является внедрение в практику лесного хозяйства отбора плюсовых деревьев в средневозрастных насаждениях;

– завышенные требования отраслевых нормативных документов по количеству генотипов, необходимых для создания ЛСП. При создании ЛСП-1 это не столь критично, поскольку такие объекты создаются непроверенным по потомству материалом и стоимость-трудоемкость их создания сравнительно невелика. А вот при создании ЛСП-2 проблема становится практически непреодолимой в силу необходимости включения в сложные и дорогостоящие опыты по проверке генетических свойств семенных потомств чрезмерно большого количества генотипов. Вариантом решения проблемы является снижение требований по минимально необходимому количеству генотипов на ЛСП в отраслевых нормативных документах (до 25 шт. вместо требуемых действующими нормативными документами 50 шт.).

Без решения вышеописанных проблем перевод лесного хозяйства России на элитное семеноводство основных лесобразующих пород становится задачей невыполнимой. Тем не менее, альтернативы плюсовой селекции пока нет и без перехода на элитное семеноводство основных лесобразующих пород вряд ли возможно добиться существенного повышения продуктивности создаваемых насаждений.

## **ELITE FOREST TREE SEED PRODUCTION IN RUSSIA: PROBLEMS OF DEVELOPMENT**

Bondarenko A.S.<sup>1</sup>, Zhigunov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg Forestry Research Institute, St. Petersburg, Russia,  
*asbond@mail.ru*

<sup>2</sup>S.M. Kirov Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia,  
*a.zhigunov@bk.ru*

At present, establishment of high genetic value forest tree seed production areas is of primary importance in the development of forest tree seed breeding in Russia with the prospect for elite seed production (first of all, establishment of second-order seed orchards).

Attempts to accomplish this goal using various methods of plus tree selection by the phenotype, based on modern methods of genome analysis, various correlation dependencies, analysis of a wide range of biometric indicators, the use of molecular markers, etc., cannot be considered valid either from the scientific or practical point

of view. At present, the only generally accepted scientifically justified method for establishing elite seed production is to test the seed progeny of plus trees by their genotypes on the basis of specialized forest seed production areas – progeny tests. There is no other way to develop elite seed production but to establish seed orchards.

Testing the seed progeny of plus tree genotypes and subsequent establishment of elite seed production faces significant problems that require priority solutions, among which are the following:

- long duration of plus tree seed progeny testing in progeny tests. A solution to this problem is to reduce the requirements of regulatory documents for the age of the final evaluation of the genetic properties of seed progeny in progeny tests;

- biological age of graft material. The age of the plus trees from which the cuttings for second-order seed orchards are taken can become critical since it includes, in addition to the age at which plus trees are chosen from forest stands, the duration of tests of their genetic properties in progeny tests, which will inevitably affect the sustainability and productivity of the established forest stands. The delay in plus tree progeny testing also increases the age of the trees from which cuttings can be taken. A solution to this problem is that plus trees for subsequent progeny tests should be chosen from middle-aged forest stands;

- too high requirements of standard documents on the number of genotypes required to establish second-order seed orchards. This is not so critical for first-order seed orchards since the latter are established with the use of untested progeny material; the cost and effort needed to establish such areas are relatively small. But the problem is difficult and even impossible to solve for second-order seed orchards because complicated and expensive experiments on genetic property testing of seed progenies must be performed with an excessively large amount of genotypes. A solution to the problem is to reduce the requirements for the minimum required number of genotypes on the seed orchard in standard documents (to 25 trees instead of 50 required by the current regulatory documents).

It is impossible to establish elite forest tree seed production in Russia unless the above problems are solved. However, there is still no alternative to tree breeding based on plus tree selection, but it is hardly possible to gain a significant increase in the productivity of stands without elite seed production of the main forest-forming species.

## **ВОПРОСЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ПЯТИХВОЙНЫХ СОСЕН**

Брынцев В.А.

Мытищинский филиал Московского государственного технического  
университета им. Н.Э. Баумана, Мытищи, Россия, *bryntsev@mail.ru*

Основной проблемой интродукции является акклиматизация интродуцированных растений в новых для них климатических условиях. Несоответствие климатических характеристик региона интродукции



биологическим особенностям интродуцируемого вида может привести к низкой его продуктивности, понижению устойчивости и гибели. Неудачи интродукции при перемещении видов в более суровые условия часто связаны с их низкой зимостойкостью, морозостойкостью, засухоустойчивостью. Однако и перемещение видов в регионы с более мягким климатом часто дают неудовлетворительные результаты. Причиной этого является несоответствие ритмики сезонного развития древесного растения изменению погодных условий региона в период вегетации.

В докладе рассматриваются сравнительная характеристика сезонного роста интродуцированных сосен (*Pinus*) подрода *Strobus*: *P. sibirica*, *P. pumila*, *P. koraensis*, *P. strobus*, *P. peuce* в Московской области. Динамика сезонного роста данных видов закреплена на генетическом и эпигенетическом уровнях; у видов, выращиваемых в одинаковых условиях, она сильно различается.

Для видов с широким ареалом, как у *P. sibirica*, наибольший эффект интродукции можно получить подбором климатипов, чья динамика сезонного роста наиболее соответствует региону интродукции. Приводятся результаты изучения приростов разных климатипов *P. sibirica* за пятилетний период в географических культурах. Поскольку погодные условия Московской области крайне изменчивы, разные годы были более благоприятны для роста разных климатипов. При интродукции наиболее продуктивными будут в конечном итоге те климатипы, число благоприятных лет для которых было максимальным. Таким образом, динамика сезонного роста интродуцента является важным фактором, влияющим на успешность интродукции.

Обсуждается вопрос биологической обусловленности сезонного роста древесных растений, которая согласно литературным данным во многом имеет эпигенетический характер и связана с погодными условиями в период формирования семян. Это приводит к выводу о необходимости закладывать географические культуры с повторностями из семян разных лет заготовки. Полная акклиматизация интродуцента может быть достигнута только во втором поколении у растений, выращенных из семян интродукционного сбора, что говорит о необходимости при промышленной интродукции создавать постоянную лесосеменную базу интродуцированного вида.

## **QUESTIONS OF ACCLIMATIZATION IN THE INTRODUCTION OF FIVE-CONIFEROUS PINES**

Bryntsev V.A.

Mytishchi Branch of the N.E. Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia, [bryntsev@mail.ru](mailto:bryntsev@mail.ru)

The main problem of introduction is acclimatization of introduced plants in new climatic conditions for them. Discrepancy of the climatic characteristics of the region of introduction to the biological features of the species introduced can lead to low productivity, a decrease in resistance and death. Failures of introduction when moving species to more severe conditions are often associated with their low winter

hardiness, frost resistance, drought resistance. However, the movements of species to regions with a milder climate often yield unsatisfactory results. The reason for this is the discrepancy between the rhythm of the seasonal development of a woody plant and the change in the weather conditions of the region during the growing season.

The report examines the comparative characteristics of seasonal growth of introduced pines (*Pinus*) of the subgenus *Strobus*: *P. sibirica*, *P. pumila*, *P. koraensis*, *P. strobus*, *P. peuce* in the Moscow Region. The dynamics of seasonal growth of these species is fixed at the genetic and epigenetic levels; in species grown under identical conditions, it varies greatly.

For species with a wide area, as in *P. sibirica*, the greatest effect of introductions can be obtained by selecting climatypes whose dynamics of seasonal growth most correspond to the region of introduction. The results of studying the increments of different climates of *P. sibirica* over a five-year period in geographical cultures are presented. As the weather conditions of the Moscow region extremely variable, in different years were more favorable for the growth of different climates. At introduction the most productive will be those climatypes, the number of favorable years for which was the maximum. Thus, the dynamics of seasonal growth of an introducent is an important factor affecting the success of introductions.

The issue of biological conditioning of seasonal growth of woody plants is discussed, which according to the literature is largely epigenetic in nature and is associated with weather conditions during the formation of seeds. This leads to the conclusion that it is necessary to lay geographic cultures with replicates from seeds of different years of harvesting. Complete acclimatization of the introduced species can be achieved only in the second generation in plants grown from seed introductory collection, which indicates the need to create a permanent seed-forest base of the introduced species.

## **GENETIC VARIABILITY OF ROOTING TRAITS OF PROGENIES AND CLONES OF GUANANDI (*CALOPHYLLUM BRASILIENSE* CAMBESS.)**

Eduardo Ciriello<sup>1</sup>, Ananda Virginia de Aguiar<sup>2</sup>, Edson Seizo Mori<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Forestry Engineer Tropical Flora Reflorestadora – Garças, São Paulo, Brazil

<sup>2</sup>Researcher at Embrapa Florestas, Colombo, Parana, Brazil,

*ananda.aguiar@embrapa.br*

<sup>3</sup>Professor at Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo, Brazil

Commercial reforestation in Brazil has been based on native species to produce hardwood for sawmill and lamination has intensified recently. Among the native species guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) has widespread natural distribution and has a high adaptability to different soil and climate conditions. Guanandi clones and progenies tests were used to estimate quantitative genetic parameters for rooting traits. The tests were carried out in random blocks with stumps originated from seeds from the same batch. Nine progenies (treatments),

four replicates and five stumps were used per plot. Progenies were selected from a five-year old population in a productive farm (Fazenda Luvre, Tropical Flora – Fernão, São Paulo). The clone test was carried out in random blocks using young shoots from the base of the trees (0 to 50 cm height). Trees utilized were designated for commercial planting at age four on the farm of Tropical Flora Company in the municipality of Garçain the state of São Paulo, Brazil. A total of 22 individual treatments were selected, four replicates and four shoots per plot. The individual samples and progeny were selected based on height and seeds production. The root volume and dry weight were measured. Genetic statistical analyses were processed based on Reml and Blup methods. High heritability values (0.54 and 0.60) for total root volume and dry weight, respectively, were observed. This indicates that there are good genetic controls and favorable conditions to select superior genotypes for rooting traits for these clones and progenies. Genetic correlation between root volume and dry weight was high (0.88). Thus, the selection of superior progeny could be obtained from dry matter values because this trait is easier to measure than root volume. The Guanandi tests demonstrated genetic variation for the traits related to stump rooting. This further indicates the need for additional exploration through breeding programs.

*Keywords:* genetic parameters, improvement programs, roots, vegetative propagation, progeny test.

## **ЕСТЕСТВЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ *PINUS SIBIRICA* И *P. PUMILA*: СОВРЕМЕННЫЙ ПРОЦЕСС И/ИЛИ ДРЕВНЯЯ ИНТРОГРЕССИЯ**

Васильева Г.В., Горошкевич С.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия  
*galina\_biology@mail.ru, gorosh@imces.ru*

Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) и кедровый стланик (*P. pumila* (Pall.) Regel) относятся к секции *Quinquefoliae* подрода *Strobus* (Gernandt et al., 2005). Оба вида имеют протяженные ареалы, которые частично перекрываются. Во многих растительных сообществах, где кедр сибирский и кедровый стланик произрастают совместно, образуются их естественные гибриды. Среди многих примеров гибридирующих видов хвойных, данный случай отличается контрастными жизненными формами родительских видов: кедр сибирский – прямостоячее дерево, кедровый стланик – дерево стелющееся.

Впервые гибриды кедра сибирского и кедрового стланика были описаны в Прибайкалье как особи, характеризующиеся промежуточной формой роста и морфологией. Сочетание признаков родительских видов и промежуточность морфологии являлись основанием для заключения, что данные гибриды представляют первое поколение. Такие промежуточные гибриды предположительно первого поколения были описаны в Прибайкалье: дельта Верхней Ангары (около пос. Нижнеангарск), северо-восточный берег Байкала (Баргузинский заповедник), южное Прибайкалье (хребет Хамар-Дабан),

южное Забайкалье (гора Алханай), устье р. Амалык (Витимский заповедник). Первое поколение гибридов также подтверждалось их промежуточным изоферментным профилем (Петрова и др., 2007; Петрова и др., 2012). Очевидно, что гибридизация кедра сибирского и кедрового стланика представляет собой современный процесс, который возникает в благоприятных для переопыления видов условиях. Однако, гибриды данных видов фертильны и их даже сниженная семенная продуктивность позволяет оставить семенное потомство. В условиях контролируемого опыления гибриды успешно скрещиваются как между собой, так и с родительскими видами (Vasilyeva, Goroshkevich, 2013). Семенное потомство гибридов успешно выращивается в условиях *ex situ*, и на ранних этапах онтогенеза оно несколько не уступает потомству родительских видов (Васильева, Горошкевич, 2012; Васильева, 2017). Эти факты говорили о том, что гибридизация кедра сибирского и кедрового стланика вряд ли ограничивается только первым поколением и где-то должны существовать гибриды следующих поколений и/или бэккроссы на родительские виды. Чтобы их обнаружить, недостаточно использовать только морфологические признаки, а необходимо проводить анализ маркеров хлоропластной (хп) и митохондриальной (мх) ДНК.

С помощью локусов NAD1In2 мхДНК и trnV хпДНК были исследованы несколько популяций кедра сибирского с северо-восточной окраины ареала. Все деревья кедра сибирского (100%) с обычной морфологией с самых крайних северо-восточных популяций зоны симпатрии с кедровым стлаником (Алдан, Томмот) характеризовались *pumila*-специфичным локусом NAD1In2. В западном направлении доля таких деревьев существенно снижалась и в популяциях из Куанды и Витимского заповедника их доля составляла всего 2,9%. Кроме того, было исследовано две популяции кедра сибирского, находящихся за пределами зоны симпатрии с кедровым стлаником, Ленск и Олекминск. Оказалось, что и в них 42% деревьев имеют *pumila*-специфичный локус мхДНК, большинство из них было обнаружено в популяции из Олекминска. Изредка среди исследованных деревьев кедра сибирского встречались особи, имеющие *pumila*-специфичный локус trnV, всего 6,1% во всех популяциях. Таким образом, гибридизация кедра сибирского и кедрового стланика представлена как современным, так и древним процессами, которые иногда накладываются друг на друга и обусловлены, вероятно, глобальными циклическими изменениями климата.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 15-04-03924.*

## NATURAL HYBRIDIZATION OF *PINUS SIBIRICA* AND *PINUS PUMILA*: CONTEMPORARY PROCESS AND/OR ANCIENT INTROGRESSION

Vasilyeva G.V., Goroshkevich S.N.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems,  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia,  
*galina\_biology@mail.ru, gorosh@imces.ru*

Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) and Siberian dwarf pine (*P. pumila* (Pall.) Regel) are 5-needle pines from section *Quinquefoliae* subgenus *Strobus* (Gernandt et al., 2005). Both species have vast geographic distributions that are overlapped partly. There are their natural hybrids in many plant communities where Siberian stone pine and Siberian dwarf pine grow together. Among plenty of cases of the natural hybridization in conifers, this interspecies hybridization is remarkable by contrasting life-forms of the parental species: *P. sibirica* is upright tree, *P. pumila* is prostrate tree.

For the first time *P. sibirica* and *P. pumila* hybrids were described as individuals with intermediate growth form and morphology. Combination of parental species traits and intermediate morphology were the base for conclusion that these hybrids are F<sub>1</sub>. Presumably F<sub>1</sub> hybrids were found in Baikal region: delta of the Upper Angara River (near Nizhneangarsk settlement), eastern Baikal Lake shore (Barguzinskiy nature reserve), Khamar-Daban Ridge, southern part of Transbaikalia (Alkhanay Mountain), estuary of Amalyk River (Vitimskiy Reserve). The first generation of hybrids was also confirmed by their intermediate isozyme profile (Petrova et al., 2007; Petrova et al., 2012). Apparently, *P. sibirica* and *P. pumila* hybridization is a contemporary process that occurs under favorable for cross-pollination conditions. However, the hybrids are fertile and their even reduced seed efficiency allow to give the seed progeny. In control pollination experiments, the hybrids cross successfully with both parental species and each other (Vasilyeva, Goroshkevich, 2013). Moreover, seed progeny of the hybrids are successfully grown *ex situ* and it is not inferior to the seed progeny of the parental species (Vasilyeva, Goroshkevich, 2012; Vasilyeva, 2017). These facts suggest that *P. sibirica* and *P. pumila* hybridization does not limited the F<sub>1</sub> and somewhere else there are advanced generations of hybrids and/or backcrosses. To found them, it is not enough to use only morphological traits, but it is necessary to analyze the chloroplast (cp) and mitochondrial (mt) DNA markers.

Several populations of *P. sibirica* from the north-eastern edge of the areal were studied by the analysis of the locus NAD1In2 of the mtDNA and the locus trnV of the cpDNA. All *P. sibirica* trees (100%) with usual morphology from Aldan and Tommot (the most north-eastern locations in sympatry zone with *P. pumila*) have *pumila*-specific NAD1In2 locus. In the western direction, portion of such trees was significantly decreased and was 2.9% in the populations from Kuanda and Vitimskiy Reserve. Furthermore, two *P. sibirica* populations (Lensk and Olekminsk) located outside the sympatry zone with *P. pumila* were studied. We found that 42% of trees have *pumila*-specific locus of mtDNA, the most of them were from Olekminsk population. Some *P. sibirica* trees have *pumila*-specific trnV

locus, 6.1% of trees in the studied populations. Thus, *P. sibirica* and *P. pumila* hybridization is represented by both contemporary and ancient processes that overlap in some places and are probably caused by global cyclic climate changes.

*This work was supported by RFBR grant No. 15-04-03924.*

**ПРИРОДА ОНТОГЕНЕЗА У ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ:  
СООТНОШЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ  
ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ)**

Велисевич С.Н.<sup>1</sup>, Жук Е.А.<sup>1</sup>, Васильева Г.В.<sup>1</sup>, Бендер О.Г.<sup>1</sup>, Кабилов М.Р.<sup>2</sup>,  
Тупикин А.Е.<sup>2</sup>, Горошкевич С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия,  
[velisevich@imces.ru](mailto:velisevich@imces.ru)

<sup>2</sup>Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН,  
Новосибирск, Россия

Современная теория онтогенеза высших растений основывается на двух основных факторах – изменениях в свойствах апикальных меристем и дифференциальной экспрессии генов (Greenwood, Day, 2011 и др.), а последовательная смена этапов онтогенеза представляется как «цепная реакция» со «звеньями» двух типов: гены и признаки. В интактном дереве эта цепь неразрывна, поэтому не позволяет установить причинно-следственные связи между макрофизиологическими и эпигенетическими факторами, разграничить их влияние на конкретные физиологические процессы, морфогенез и рост. Для решения этого вопроса необходимо перенести растительный материал с известным состоянием генома в принципиально иную макрофизиологическую среду, что достигается методом прививки. Сохранение признака будет свидетельствовать о его зависимости от необратимых изменений в экспрессии генов, а изменение признака под влиянием новой макрофизиологической среды – о его зависимости от этой среды: напрямую или через обратимые изменения в экспрессии генов. Последний вопрос в настоящей работе решается через анализ транскриптома, позволяющий определить состав активных генов и дать количественную характеристику этой активности.

Сосна кедровая сибирская – важнейший в природном и хозяйственном отношении вид. Его введение в культуру как орехоплодного осуществляется методом размножения сортов, полученных на основе растительного материала разных возрастных состояний, поэтому вопрос эпигенетического наследования имеет для него большое практическое значение. В настоящей работе проведен сопряженный анализ морфологических и физиологических изменений, а также изменений транскриптома вегетативного потомства деревьев широкого возрастного диапазона (от 1 до 700 лет).

Установлено, что растительный материал, перемещенный в иные макрофизиологические условия, в значительной мере способен сохранять возрастные особенности материнского дерева. У клонов деревьев 3-700 лет

(возраст прививки 4 года) количественные признаки роста побегов и хвои максимальных значений достигали у привоев с имматурных особей, минимальных – у сенильных. Возраст-специфические черты деревьев-доноров сохранялись длительное время. У 25-летних привоев, взятых с молодых генеративных деревьев (20-25 лет) преобладали процессы, связанные с вегетативным развитием кроны, у привоев со зрелых генеративных деревьев (180-200 лет) – репродуктивная функция. Третий экспериментальный объект – 4-летние реципрокные прививки 7- и 200-летних деревьев. Было создано 4 типа привоев: зрелый привой на зрелом подвое, молодой привой на зрелом подвое, зрелый привой на молодом подвое, молодой привой на молодом подвое. Из хвои выделена РНК, проведено обогащение мРНК и приготовлены ДНК-библиотеки, которые были просеквенированы на платформе SOLID 5500x1 со средним покрытием 5 млн ридов. В качестве референса были использованы контиги, полученные ранее при *de novo* сборке транскриптома. После картирования прочтений на контиги с помощью биоинформатических подходов были выявлены дифференциально экспрессирующиеся гены (ДЭГ) для всех типов сравнения. Первичный биоинформатический анализ выявил принципиальные различия профилей экспрессии генов между ними. Несмотря на важную роль циклофизиса, которая была выявлена в результате анализа, более значимые изменения в характере экспрессии генов привоев были вызваны изменениями физиологического статуса подвоя. Выявлены кластеры генов, отличающихся друг от друга повышенным или пониженным уровнем экспрессии. Общий анализ геной онтологии для найденных ДЭГ по биологическим процессам и молекулярным функциям показал преобладание углеводного и аминокислотного обмена.

*Работа была поддержана грантом РФФИ № 15-04-03483-а.*

**THE NATURE OF FOREST WOODY PLANT ONTOGENESIS:  
CORRELATION OF PHYSIOLOGICAL AND EPIGENETIC FACTORS  
(FOR EXAMPLE, SIBERIAN STONE PINE)**

Velisevich S.N.<sup>1</sup>, Zhuk E.A.<sup>1</sup>, Vasilyeva G.V.<sup>1</sup>, Bender O.G.<sup>1</sup>, Kabilov M.R.<sup>2</sup>,  
Tupikin A.E.<sup>2</sup>, Goroshkevich S.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems,  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia,  
*velisevich@imces.ru*

<sup>2</sup>Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine,  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

The current theory of plant ontogeny is based on two main factors: changes in apical meristem maturation and differential expression of genes (Greenwood, Day, 2011, etc.). The consequent changing in the ontogeny stages is represented as a "chain reaction" with "links" of two types: genes and traits. In an intact tree, this chain is inseparable; therefore it does not allow to establish cause-and-effect relationships between macrophysiological and epigenetic factors, to differentiate their influence on specific physiological processes, morphogenesis and growth. To solve this problem, it is necessary to displace the plant material with the known state

of the genome to fundamentally different macrophysiological conditions, which is achieved by grafting. Retention of the trait will indicate its dependence on irreversible changes in the gene expression, but the change in the trait under new macrophysiological conditions will indicate its dependence on these conditions: directly or through reversible changes in the gene expression. In our work this is solved through the analysis of the transcriptome.

Siberian stone pine is wide-spread species with great ecological and economic importance. Siberian stone pine breeding as valuable pine nut species is carried out by propagation of the varieties derived from trees of different ages. Therefore, study of genome-wide epigenetic patterns has great practical importance. In the present work, the analysis of morphological, physiological and transcriptome changes of vegetative progeny of a wide age range (age of trees from 1 to 700 years) has been carried out.

It was shown that plant material displaced to other macrophysiological conditions is largely able to maintain the age features of the mother tree (ortets). Among clones of 3-700-year trees (4 years after grafting), quantified traits of shoots and needles reached the maximum values in the grafts of the immature ontogeny stage, the grafts of the senile ontogeny stage have a minimal size. Age-specific features of donor trees persisted for a long time. We found that processes associated with vegetative crown growth was dominated in 25-year grafts from young generative trees (20-25 years old) while reproductive function was dominated in 25-year grafts from mature generative trees (180-200 years). The third experimental object is the 4-year reciprocal grafts of 7- and 200-year-old trees. Four types of grafts were produced: a mature graft on a mature rootstock, a young graft on a mature rootstock, a mature graft on a young rootstock, a young graft on a young rootstock. RNA was extracted from the needles, mRNA was enriched and DNA libraries were prepared, which were sequenced on a SOLID 5500xl platform with an average coverage of 5 million read. The contigs obtained earlier in de novo assembly of the Siberian stone pine transcriptome were used as a reference. After mapping the readings on the contiguities based on bioinformatic approaches, differentially expressed genes were identified for all types of grafts. The preliminary bioinformatic analysis identified principled differences in the gene expression profiles between them. Despite the important role of cyclophysis more significant changes in gene expression of the grafted scions were caused by changes in the physiological status of the rootstock. Clusters of genes differing from each other by increased or decreased level of expression were identified. A general analysis of the gene ontology of the detected differentially expressed genes showed predominance of carbohydrate and amino acid metabolism among biological processes and molecular functions.

*This work was supported by RFBR grant No. 15-04-03483-a.*



# ДИНАМИКА ГЕНОФОНДОВ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ветчинникова Л.В.<sup>1</sup>, Титов А.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия, [vetchin@krc.karelia.ru](mailto:vetchin@krc.karelia.ru)

<sup>2</sup>Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия, [titov@krc.karelia.ru](mailto:titov@krc.karelia.ru)

Древесные растения характеризуются достаточно широкой нормой реакции, высокой пластичностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, благодаря чему занимают значительные по площади ареалы. В отличие от этого, карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, обладающая уникальной и высокоценной узорчатой древесиной, оказалась среди редких видов, имеющих дизъюнктивный и ограниченный ареал, расположенный исключительно на территории стран Балтийского региона, а ее численность и соответственно генофонд в последние десятилетия неуклонно сокращаются.

Поэтому целью наших исследований было изучение динамики генофондов карельской березы в границах ее ареала в условиях изменения природно-климатической среды и антропогенных воздействий.

На основании многолетних исследований и анализа литературных данных нами выявлены основные факторы и условия, предопределившие появление карельской березы и формирование ее ареала. Предположительно как самостоятельная форма она выделилась в течение так называемого малого ледникового периода (Ветчинникова, Титов, 2016). По-видимому, ее генезису предшествовали существенные климатические изменения, зарегистрированные в течение нескольких столетий, начиная примерно с 1450 г. В то же время она не могла появиться и «закрепиться» на тех территориях, где усиливалась континентальность климата или отсутствовали соответствующие гаплотипы представителей рода *Betula*.

Однако, к началу XXI века, вероятно, главным образом из-за продолжительных выборочных рубок наиболее ценных деревьев ее ареал значительно сократился, уменьшилась эффективная численность популяций, а в целом ряде мест она даже оказалась на грани исчезновения. Более того, в существующих ныне природных популяциях многие деревья карельской березы по своему возрасту (70 лет и более) вошли в настоящее время в постгенеративную стадию развития и характеризуются резким снижением репродуктивной функции. Очевидно, поэтому естественное семенное возобновление у нее в границах всего ареала практически отсутствует. Изучение генетической структуры популяций карельской березы выявило основные популяционно-генетические факторы, обуславливающие их деградацию (Ветчинникова и др., 2012, 2013). Среди них, прежде всего, назовем увеличение частоты самоопыления и близкородственных скрещиваний.

Таким образом, можно заключить, что карельской березе, появившейся в результате достаточно длительной эволюции и сложных генетических

процессов, которые осуществлялись благодаря взаимодействию специфических природно-климатических факторов и условий, сложившихся исключительно на территории северо-запада континентальной Европы, в настоящее время из-за сокращения численности и близкородственных скрещиваний грозит реальная опасность не только дальнейшего уменьшения ее генетического разнообразия, но и деградации генофондов. Ускорению этих процессов способствовало антропогенное воздействие в форме многолетних рубок наиболее ценных деревьев, последствия которых до сих пор не преодолены.

*Финансирование исследований осуществлялось из средств федерального бюджета в рамках госзаданий по темам НИР № 0220-2014-0009 и № 0221-2014-0032 и гранта РГО.*

## **DYNAMICS OF KARELIAN BIRCH GENE POOLS IN A CHANGING NATURAL ENVIRONMENT AND CLIMATE AND UNDER HUMAN IMPACT**

**Vetchinnikova L.V.<sup>1</sup>, Titov A.F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Forest Research Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, [vetchin@krc.karelia.ru](mailto:vetchin@krc.karelia.ru)

<sup>2</sup>Institute of Biology, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, [titov@krc.karelia.ru](mailto:titov@krc.karelia.ru)

Woody plants have quite a wide normal response range, high plasticity and tolerance of adverse environmental conditions, wherefore they occupy extensive areas. In contrast, Karelian birch *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, which has unique and highly valuable figured grain, happens to be among those rare species that have a discontinuous and limited range confined to the Baltic region. Its numbers and, accordingly, gene pool have been steadily declining over the past decades.

Hence, the aim of our studies was to investigate the dynamics of Karelian birch gene pools within its distribution range in a changing natural and climatic environment and under human impact.

Having analyzed the results of own long-term studies and data from the literature we have identified the key factors and conditions behind the emergence of Karelian birch and formation of its range. It presumably evolved into a separate form during so-called Little Ice Age (Vetchinnikova and Titov, 2016). Its genesis was apparently preceded by a profound climate change during several centuries starting at around 1450. At the same time, it could not appear or get established in areas where the climate was becoming increasingly continental or where relevant haplotypes of the genus *Betula* were absent.

By the beginning of the 21<sup>st</sup> century, however, the distribution range of the birch has shrank considerably, the effective abundance of the populations has declined and in many areas there is even a threat of extinction, the principal cause probably being a long history of selective harvesting of the most valuable trees.

Furthermore, many Karelian birch trees in the existing natural populations are now at the post-reproductive development stage (70 years or older), and their reproductive function has sharply declined. This is probably why there is hardly any natural reproduction by seed any where in the distribution range. Studies of the genetic structure of Karelian birch populations revealed the main population genetic factors for their degradation (Vetchinnikova et al., 2012, 2013). These are, first of all, an increased frequency of self-pollination and crossings between closely related individuals.

One can thus conclude that Karelian birch, which has appeared through a prolonged evolution and complex genetic processes facilitated by an interplay of natural and climatic factors and conditions specific to the north-west of continental Europe, is now under a serious threat of not only further reduction of the genetic diversity but even of gene pool degradation due to abundance decline and crossings between closely related individuals. These processes have been accelerated by human impact in the form of long-term harvesting of the most valuable trees which has had a lasting after-effect.

*The studies were financed by allocations from the federal budget for implementation of state ordered projects No. 0220-2014-0009 and No. 0221-2014-0032, as well as partially funded by a grant from the Russian Geographical Society.*

## **ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ *PINUS SIBIRICA* НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ**

Волкова Ю.А., Павлов Д.В., Нечаев А.А., Грек В.С.

Дальневосточный НИИ лесного хозяйства, Хабаровск, Россия, [dvniilh@gmail.com](mailto:dvniilh@gmail.com)

*Pinus sibirica* Du Tour широко распространен в таежной зоне Сибири. В пределах российского Дальнего Востока известен на северо-западе Амурской области в Тындинском районе – бассейн р. Нюкжа и на севере Хабаровского края: в Верхнебуреинском районе – верховье р. Ниман и в Аяно-Майском районе – верховье р. Игникан, левого притока р. Мая. Встречается единичными экземплярами в нарушенных и естественных горных и долинных лиственничниках на высоте 900-1000 м над ур. моря. Вид внесен в Красную книгу Хабаровского края (2008). Местонахождения *P. sibirica* в пределах Хабаровского края отстоят от восточной границы ареала на 700-800 км.

На российском Дальнем Востоке заложены два опыта интродукции *P. sibirica*: географические и экологические культуры. Экологические культуры созданы в Хехцирском лесничестве Хабаровского края на землях Мало-Хехцирского участкового лесничества (квартал 9, выдел 1) на площади 2,5 га под руководством В.И. Штейниковой в 1980 г. Первоначальная цель закладки культур – выявление экологической изменчивости и научное обоснование лесосеменного районирования *P. koraiensis* и *P. sibirica*. Использованы 3-х летние сеянцы из семян *P. sibirica* Манского лесничества Красноярского края и из семян *P. koraiensis* Облученского лесничества Еврейской автономной области и Чугуевского лесничества Приморского края.

Цель настоящих исследований – изучить состояние, особенности роста и развития различных экотипов *P. sibirica* в условиях Хехцирского лесничества. Инвентаризация насаждений проведена в апреле-июне 2016 г. Биологический возраст деревьев *P. koraiensis* и *P. sibirica* – 40 лет. Состав насаждения на участке: 2К4ОЗБ1Д, ед. Ям, Иг, Км, Лп, Ив, Ол, Ор, Бх, Ма, Чм, Кз, Ср (всего 18 видов), полнота 9,65 м<sup>2</sup>/га, запас 60 м<sup>3</sup>/га.

Подрост редкий, видовой состав: *Phellodendron amurense*, *Betula davurica*, *B. platyphylla*, *B. costata*, *Quercus mongolica*, *Salix caprea*, *S. taraikensis*, *Ulmus laciniata*, *Pinus koraiensis*, *P. sibirica*, *Acer tegmentosum*, *A. mono*, *Tilia amurensis*, *Maackia amurensis*, *Alnus hirsuta*, *Juglans mandshurica*, *Populus tremula*, *Ligustrina amurensis*, *Padus maackii*, *Fraxinus mandshurica* (всего 20 видов).

Подлесок средней густоты. Проективное покрытие 30%. Видовой состав: *Actinidia kolomikta*, *Berberis amurensis*, *Euonymus macroptera*, *E. pauciflora*, *Crataegus maximowiczii*, *Sambucus sibirica*, *Vitis amurensis*, *Lonicera chrysantha*, *L. maximowiczii*, *Viburnum sargentii*, *Rhamnus davurica*, *Corylus mandshurica*, *Schisandra chinensis*, *Rubus matsumuranus*, *Sorbaria sorbifolia*, *Ribes triste*, *Spiraea media*, *Philadelphus tenuifolius*, *Eleutherococcus senticosus*, *Rosa acicularis*, *R. amblyotis* (всего 21 вид).

Травяно-кустарничковый ярус. Общее проективное покрытие 40%, местами до 70%. Видовой состав: *Adoxa moschatellina*, *Cirsium schantarensense*, *Milium effusum*, *Aconitum consanguineum*, *A. szukinii*, *Adenophora verticillata*, *Valeriana alternifolia*, *Thalictrum filamentosum*, *Anemonoides amurensis*, *Bupleurum longiradiatum*, *Paris hexaphylla*, *Angelica cincta*, *Athyrium sinense*, *Polygonatum humile*, *Filipendula palmata* и др. (всего 40 видов).

За прошедший период на площади восстановился состав хвойно-широколиственного леса. Состояние деревьев *P. koraiensis* и *P. sibirica* в культурах по материалам перечета в целом удовлетворительное. Уход за деревьями кедров с момента посадки не производился. Сохранность культур составила от 12,1 до 23,2%. На участке культур преобладающей породой на сегодняшний день является *Populus tremula*, которая обогнала в росте посадки деревьев *P. sibirica* и образовала сомкнутый полог. Насаждения *P. sibirica* долгое время произрастают в условиях затенения и требуют осветления. В посадках встречается много усохших в ранний период деревьев. Обнаружено также несколько деревьев *P. sibirica* с пожелтевшей хвоей, не связанных с угнетением. Генеративных деревьев и начало семеношения *P. koraiensis* и *P. sibirica* при перечете не установлено.

## **EXPERIENCE OF INTRODUCTION OF *PINUS SIBIRICA* IN THE FAR EAST OF RUSSIA**

Volkova J.A., Pavlov D.V., Nechaev A.A., Grek V.S.

Far Eastern Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russia, [dvniilh@gmail.com](mailto:dvniilh@gmail.com)

*Pinus sibirica* Du Tour is widely spread in Siberian taiga zone. Known localities in the Far East of Russia include northwest of the Amursky oblast

(Tyndinsky district, Njukzha river basin) and north of the Khabarovsky krai (Verkhnebureinsky district, upper reach of Neemun river; Ayano-Maysky district, upper reach of Ignikan river – Maya river's left tributary). Sporadic occurrences also happen in disturbed and natural montane/valley larch forests at 900-1000 m.a.s.l. Species is included in the Red Book of the Khabarovsky krai (2008). *P. sibirica* stands in Khabrovsky krai are located 700 to 800 km from the range's east limit.

There are two *P. sibirica* introduction experiments (provenance and ecological trial plantations) established in the Russian Far East. Ecological crops were created in 1980 under V.I. Shteynikova's supervision at Malo-Khektcirsky beat of Khektcir forest district over an area of 2.5 ha (compartment 9, subcompartment 1). Initial purpose of plantation establishment was identification of *P. koraiensis* and *P. sibirica* ecological variability and finding scientific basis for species' seed zoning. Planting stock used: 3-year-old *P. sibirica* (Krasnoyarsky krai, Mansky forest district), *P. koraiensis* (Jewish autonomous oblast, Obluchensky forest district; Primorsky krai, Chuguevsky forest district) seedlings.

This study aims to examine the state, growth and development characteristics of multiple *P. sibirica* ecotypes under Khektcir forest district site conditions. Plantation inventories were made between April and June 2016. At the time, biological age of *P. koraiensis* and *P. sibirica* trees was 40 years. The stand composition at the site: 2К4О3Б1Д, еДЯМ, ИГ, КМ, ЛП, ИВ, ОЛ, ОР, БХ, МА, ЧМ, КЗ, СР (total 18 species). Stand density equals 9.65 m<sup>2</sup>/ha, stand volume 60 m<sup>3</sup>/ha.

Underwood is sparse. Species composition: *Phellodendron amurense*, *Betula davurica*, *B. platyphylla*, *B. costata*, *Quercus mongolica*, *Salix caprea*, *S. taraiensis*, *Ulmus laciniata*, *Pinus koraiensis*, *P. sibirica*, *Acer tegmentosum*, *A. mono*, *Tilia amurensis*, *Maackia amurensis*, *Alnus hirsuta*, *Juglans mandshurica*, *Populus tremula*, *Ligustrina amurensis*, *Padus maackii*, *Fraxinus mandshurica* (total 20 species).

Undergrowth is medium density, 30% projective cover degree. Consists of *Actinidia kolomikta*, *Berberis amurensis*, *Euonymus macroptera*, *E. pauciflora*, *Crataegus maximowiczii*, *Sambucus sibirica*, *Vitis amurensis*, *Lonicera chrysantha*, *L. maximowiczii*, *Viburnum sargentii*, *Rhamnus davurica*, *Corylus mandshurica*, *Schisandra chinensis*, *Rubus matsumuranus*, *Sorbaria sorbifolia*, *Ribes triste*, *Spiraea media*, *Philadelphus tenuifolius*, *Eleutherococcus senticosus*, *Rosa acicularis*, *R. amblyotis* (total 21 species).

Field layer and shrubage, 40 to 70% projective cover degree. Species composition: *Adoxa moschatellina*, *Cirsium schantarense*, *Milium effusum*, *Aconitum consanguineum*, *A. sczukinii*, *Adenophora verticillata*, *Valeriana alternifolia*, *Thalictrum filamentosum*, *Anemonoides amurensis*, *Bupleurum longiradiatum*, *Paris hexaphylla*, *Angelica cincta*, *Athyrium sinense*, *Polygonatum humile*, *Filipendula palmata* (total 40 species).

Over the past period composition of mixed coniferous-broad leaved forest at the site has restored. According to enumeration data, overall wood condition of *P. koraiensis* and *P. sibirica* is satisfactory. Since the moment of planting, cedar pine tending didn't take place; 12.1 to 23.2% of initial crop number is preserved. To date, *Populus tremula* is dominating species at the site: outpacing *P. sibirica*

growth, it has formed a closed canopy. *P. sibirica* stands have been shaded for a long time and require cleaning. Trees that dried out early are not uncommon. A few *P. sibirica* trees with needle yellowing (unrelated to suppression) were found, too. Presence of reproductive trees and seeding of *P. koraiensis* and *P. sibirica* were not identified during enumeration.

## **КОЛЛЕКЦИЯ ВИДОВ И СОРТОВ ИВ И ТОПОЛЕЙ В УКРАИНСКОМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ ИМ. Г.Н. ВЫСОЦКОГО**

Высоцкая Н.Ю., Торосова Л.А.

Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Харьков, Украина  
*vysotska\_n@ukr.net, torosovaliliya@ukr.net*

Объем использования возобновляемых источников энергии и, в первую очередь, древесины и древесной биомассы промышленно развитыми странами в последние десятилетия существенно увеличился. Это привлекает внимание исследователей и практиков мирового лесопромышленного комплекса к проблемам и тенденциям в области культивирования, регулирования и использования быстрорастущих древесных видов. Среди них наиболее значительное место занимают представители *Populus*, *Salix*, *Eucalyptus* и *Acacia*. В течение нескольких десятилетий изучение потенциала биоэнергетических плантаций быстрорастущих древесных видов активно развивается во многих странах мира (Швеция, Финляндия, США, Канада, Китай, Дания, Венгрия, Польша и т.д.). В Украине интенсивно ведутся работы по выявлению наиболее перспективных и высокопродуктивных сортов, видов, гибридов тополей и ив. Результаты исследований, проведенных в различных климатических зонах страны, свидетельствуют о перспективах использования определенного клона для создания насаждений различного целевого назначения, в т.ч. для биоэнергетических плантаций, в соответствующих условиях роста, что требует комплексного научно обоснованного подхода – от изучения эколого-биологических особенностей к определению оптимальных методов размножения и режимов выращивания.

Объектами исследования являлись 10 гибридов ив и 45 видов и гибридов тополей, представленные на маточной плантации в Южном лесничестве Харьковской лесной научно-исследовательской станции УкрНИИЛХА. В коллекции накоплен и испытан значительный гибридный фонд тополей и ив, причем как клонов украинской селекции (тополя «Перспективный», «Слава Украине», «Роганский», «Дружба», «Гулливер» и др.; ивы «Мавка», «Лесная песня»), так и зарубежной, часть из которых давно культивируются в Украине (тополя «Сакрау», «Брабантика», «Тронко»), и сравнительно новых для местных условий (тополя «Vereecken», «Sun Giorgio»).

Наиболее важным для клонов, используемых для создания биоэнергетических плантаций, является показатель скорости накопления

биомассы. Результаты регулярных измерений ростовых характеристик растений, изучения морфологических признаков листьев, побегов, почек, цитологических исследований на маточной плантации позволяют предварительно оценить скорость роста, декоративность, устойчивость представленных в коллекции вариантов. Так, в течение трех лет наиболее быстрорастущими выявлены культивары тополя «Перспективный», «Новоберлинский 7», «Слава Украине», «Новоберлинский 3», «Роганский» и ивы «Печальная», которые достоверно превышают контроль – сорт тополя «Львовский» (самый старый сорт украинской селекции) по высоте и диаметру. В частности, тополь «Новоберлинский 7» преобладает над контролем по высоте на 45,8%, тополь «Перспективный» – по диаметру на 64,5%. По предварительной оценке декоративности и перспективности для озеленения выделены культивары тополей «Роганский» и «Ноктюрн».

Расширение ассортимента коллекции планируется проводить и в дальнейшем. В настоящее время на плантации уже производится сбор материала для размножения. Черенками, срезанными здесь, путем укоренения создаются сортоиспытательные культуры и плантации. Разработаны протоколы введения в культуру *in vitro* 7 перспективных клонов тополей: «Западный», «Перспективный», «Лубенский», «Львовский», «Гулливер», «Дружба», «Новоберлинский 7».

## **COLLECTION OF SPECIES AND VARIETIES OF WILLOWS AND POPLARS IN THE UKRAINIAN RESEARCH INSTITUTE OF FORESTRY AND FOREST MELIORATION NAMED AFTER G.M. VYSOTSKY**

Vysotska N.Yu., Torosova L.O.

G.M. Vysotskiy Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkiv, Ukraine,  
*vysotska\_n@ukr.net, torosovaliliya@ukr.net*

The using of renewable energy sources and, first of all, wood and wood biomass by industrialized countries has increased significantly in recent decades. This attracts the attention of researchers and practitioners of the world forest industry complex to the problems and trends in the cultivation, regulation and use of fast-growing tree species. Among them, the most significant place is occupied by representatives of *Populus*, *Salix*, *Eucalyptus* and *Acacia*. For several decades, the study of the bioenergy potential of fast-growing tree species plantations is actively developing in many world countries (Sweden, Finland, USA, Canada, China, Denmark, Hungary, Poland, etc.). In Ukraine, intensive work is underway to identify the most promising and highly productive varieties, species and hybrids of poplars and willows. The results of studies conducted in different climatic zones of the country testify to the prospects of using a certain clone for creation various special purposes plantations, including bioenergetic plantations, in appropriate growth conditions, which requires a complex scientifically based approach – from studying the ecological and biological characteristics to the definition of optimal breeding methods and growing regimes.

The subjects of the study are 10 hybrids of willows and 45 species and hybrids of poplars, which are represented on the plantation in the Pivdenne Forestry of Kharkov Forest Research Station of URIFFM. On this collection, a significant hybrid fund of poplars and willows have accumulated and tested, both of clones of Ukrainian breeding (poplars: "Perspectivnyj", "Slava Ukrainy", "Rohanskyj", "Druzhba", "Gulliver", etc., willows: "Mavka", "Lesnaya Pesnya") and foreign ones, some of which have been cultivated for a long time in Ukraine (poplars: "Sakrau", "Brabantika", "Tronko"), and some relatively new for local conditions (poplars: "Vereecken", "Sun Giorgio").

The most important for the clones used to create bioenergy plantations is the biomass accumulation rate. The results of regular measurements of plant growth characteristics, the study of morphological features of leaves, shoots and buds, cytological studies on the mother plantation allow preliminary assessing the growth rate, decorativeness, stability of the variants presented in the collection. So, during three years, poplars "Perspectivnyj", "Novoberlinskyj 7", "Slava Ukrainy", "Novoberlinskyj 3", "Rohanskyj" and willow "Pechalnaya" were identified as the fastest growing cultivars, which were significantly higher than the control – variety of poplar "L'vovskij" (the oldest variety of Ukrainian selection) – in height and diameter. In particular, the poplar "Novoberlinskyj 7" exceeds the control by a height by 45.8 %; poplar "Perspectivnyj" has the excess over the control in diameter equal to 64.5 %. According to a preliminary assessment of decoration and prospects for planting, cultivars of poplars "Rohanskyj" and "Nocturne" were singled out.

Expansion of the collection's assortment is planned to be carried out in the future. Currently, material for reproduction is already collecting from the plantation. Cuttings that have been cut here were used to create variety test plantations by rooting. The protocols of the introduction to *in vitro* culture were developed for 7 prospective clones of poplars: "Zapadnyj", "Perspectivnyj", "Lubenskyj", "L'vovskij", "Gulliver", "Druzhba", "Novoberlinskyj 7".

## **КОГДА ВОЛКИ СЫТЫ И ОВЦЫ ЦЕЛЫ: КАК ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЕСПЕЧИТ СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И УСТОЙЧИВЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ**

**Горошкевич С.Н.<sup>1</sup>, Крутовский К.В.<sup>2,3,4,5</sup>**

<sup>1</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск 634055,  
Россия, [gorosh@imces.ru](mailto:gorosh@imces.ru)

<sup>2</sup>Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген 37077, Германия,  
[konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de](mailto:konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de)

<sup>3</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва 119991, Россия

<sup>4</sup>Научно-образовательный центр геномных исследований Сибирского федерального  
университета, Красноярск 660036, Россия

<sup>5</sup>Техасский АМ университет, Колледж Стейшн, Техас 77843-2138, США

В современном мире абсолютно преобладает ориентация на полуестественные, ухоженные и регулируемые леса. Считается, что любой эксплуатационный лес нужно:



- защищать от пожаров, болезней и вредителей;
- загодя и смолоду готовить к пользованию его ресурсами, т.е. вести уход за ним;
- активно восстанавливать, т.е. содействовать естественному возобновлению одних пород и препятствовать естественному возобновлению других, широко применять интенсивные методы искусственного лесовосстановления;
- генетически улучшать, т.е. целенаправленно изменять генотипический состав популяций через создание постоянной лесосеменной базы на селекционной основе.

По нашему мнению, эти положения бесспорны лишь для искусственных лесов. Их использование в естественных лесах категорически недопустимо, ибо ведет к неконтролируемому и потому негативному изменению генотипического состава популяций и тем самым целенаправленно разрушает природные лесные экосистемы. Отказ от тотального лесоводства во всех природных лесах обеспечит огромную экономию средств, которые пойдут на интенсификацию плантационного хозяйства, что обеспечит инновационный путь развития отрасли. Для сохранения лесных экосистем и устойчивого экономического роста необходимо разделить эксплуатационные леса на три принципиально дискретные группы. В приведённой ниже таблице даны кратко сравнительный анализ трёх групп и их основные различия по ключевым показателям.

<b>Показатель</b>	<b>Естественные леса</b>	<b>Целевые леса</b>	<b>Лесные плантации</b>
<b>Лесохозяйственные мероприятия</b>	защита от эпифитотий, инвазий и пожаров только в лесосырьевой базе ближайших десятилетий; сплошная (имитирующая естественный пожар) рубка в возрасте спелости	все мероприятия классического лесоводства: восстановительные культуры, уход, защита от болезней и вредителей	максимально интенсивная селекция и промышленная технология
<b>Возобновление</b>	только естественное	преимущественно искусственное (культуры + содействие естественному)	только искусственное, в том числе, биотехнологическое и генетически улучшенными сортами
<b>Устойчивость</b>	естественная, максимально возможная в данных условиях и обеспечиваемая естественным отбором	пониженная из-за ослабления естественного отбора, возможности повышения ограничены	искусственная, максимально возможная в данных условиях, обеспечиваемая селекцией, контролем среды и промышленной технологией

<b>Показатель</b>	<b>Естественные леса</b>	<b>Целевые леса</b>	<b>Лесные плантации</b>
<b>Продуктивность</b>	естественная, без ущерба устойчивости	несколько повышенная за счет лесотехнических мероприятий, но в ущерб устойчивости	максимальная, стабильная, обеспечиваемая селекцией и технологией
<b>Оборот рубки</b>	естественный, определяемый лесорастительными условиями	укороченный за счет ухода за целевыми «породами»	максимально укороченный, в зависимости от потребностей рынка, сорта и технологии
<b>Тип хозяйствования</b>	лесничества как надзорный орган	лесхозы как государственные хозяйствующие субъекты	частные компании
<b>Тип земель</b>	лесные, средне- и малодоступные	лесные, относительно доступные	преимущественно выведенные из сельскохозяйственного оборота
<b>Значение и перспективы</b>	перспективный: имеет гигантское и непреходящее биосферное и экономическое значение	неперспективный, реликтовый, от которого имеет смысл как можно скорее отказаться, за исключением рекреационных лесов и лесов специального пользования	перспективный, экономическое значение которого будет неуклонно возрастать

**WHEN BOTH THE WOLVES HAVE EATEN MUCH AND THE SHEEP HAVE NOT BEEN TOUCHED: HOW FUNDAMENTAL SEPARATION OF FORESTS INTO NATURAL AND ARTIFICIAL WILL ENSURE THE CONSERVATION OF NATURAL ECOSYSTEMS AND SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH**

Goroshkevich S.N.<sup>1</sup>, Krutovsky K.V.<sup>2,3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Dendroecology, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, *gorosh@imces.ru*

<sup>2</sup>Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, *konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de*

<sup>3</sup>Laboratory of Population Genetics, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow 119991, Russia

<sup>4</sup>Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Siberian Federal University, 660036 Krasnoyarsk, Russia

<sup>5</sup>Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, 2138 TAMU, College Station, TX 77843-2138, USA

In the modern world, the orientation towards semi-natural, well-maintained and regulated forests is absolutely predominant. It is believed that any operational forest needs:

- protection from fires, diseases and pests;
- care, maintenance, upfront and timely preparation for the use of its resources;
- active restoration, i.e. promotion of the natural regeneration of some species and prevention of the natural regeneration of others, wide use of intensive methods of artificial reforestation;

- genetic improvement, i.e. purposeful change of the genotypic composition of populations through creation of permanent forest seed stands using breeding.

In our opinion, these requirements are indisputable only for artificial forests. Their use in natural forests is categorically unacceptable, because it leads to an uncontrolled and therefore possibly negative change in the genotypic composition of populations, and thereby deliberately destroys natural forest ecosystems. The abandonment of silviculture and forest management in all natural forests will ensure a huge saving of resources that will go into intensifying the plantation economy, which will provide an innovative way for the development of the forest industry. For the conservation of forest ecosystems and sustainable economic growth, it is necessary to divide the operational forests into three essentially discrete groups. The table below summarizes the comparative analysis of the three groups and their main differences in key indicators.

<b>Key indicator</b>	<b>Natural forests</b>	<b>Special use forests</b>	<b>Forest plantations</b>
<b>Forest management activities</b>	protection from epiphytity, invasions and fires only in the forests that are considered for harvesting in the next decades; clear cutting (imitating natural wildfire) at the age of ripeness	comprehensive forest management: restoration, maintenance, protection from diseases and pests, etc.	the most intensive selection and industrial technology
<b>Regeneration</b>	only natural	mainly artificial (cultures + promoting natural)	only artificial, including biotechnological and genetically improved varieties
<b>Sustainability</b>	natural, as much as possible in the given conditions and supported by natural selection	reduced due to the weakening of natural selection, the possibilities of increasing are limited	artificial, maximum possible under given conditions, supported by breeding, environmental control and industrial technology
<b>Productivity</b>	natural, without compromising stability	slightly increased due to forest management and silviculture, but at the expense of sustainability	maximum, stable, supported by breeding and technology
<b>Cutting interval</b>	natural, determined by forest conditions	shortened due to the management of the target timber species	as short as possible, depending on the market needs, variety and technology
<b>Type of management</b>	forest ranger station as a supervisory authority	state forest management	private companies

Key indicator	Natural forests	Special use forests	Forest plantations
Type of land	forest, medium and low accessible	forest, relatively accessible	mostly former agricultural lands
Importance and prospects	perspective: has a gigantic and enduringly biospheric and economic significance	unpromising, relict, from which it makes sense to refuse as soon as possible, with the exception of recreational forests and other special use forests	perspective, whose economic importance will be steadily increasing

## К ВОПРОСУ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА ЛИСТВЕННИЦЫ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Евдокимов И.В.<sup>1</sup>, Андропова М.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина,  
Вологда, Россия, *igorevd1@rambler.ru*

<sup>2</sup>Вологодский институт права и экономики ФСИН России, Вологда, Россия,  
*mary1969@ya.ru*

Основными лесообразующими породами Вологодской области являются: ель обыкновенная, ель сибирская, сосна обыкновенная, березы (повислая и пушистая), осина, ольха серая. Лиственница входит в состав древостоев лесов восточных районов области. В искусственных посадках лиственница встречается на всей территории области.

В 1914 г. В.П. Дробовым были обнаружены локальные местонахождения этой породы на реке Андома в Вытегорском районе, повторно они были упомянуты Ю.Д. Цинзерлингом в 1934 г. В 1896 г. А.И. Колмовский указывал на изолированное местонахождение лиственницы в среднем течении р. Кемы (Вашкинский район).

Перечисленные местонахождения лиственницы сибирской являются самыми западными в пределах Севера Европейской части России. Такие объекты как «Мельгуновская дача», «Орловская роща», «Лиственничный бор» и другие имеют статус ООПТ. С 1993 г. лиственница внесена в список редких растений Вологодской области.

Современная лесопокрываемая площадь заказника «Мельгуновский» составляет 541 га, из которых около половины приходится на хвойные породы. Преобладают ельники и сосняки кисличные и черничные (76%), сфагновые и осоково-сфагновые составляют около 16% от всей лесопокрываемой площади. Хвойные леса принадлежат в основном к группе спелых.

В результате начавшихся в 1930-е годы рубок корабельная роща была почти полностью вырублена. Последние рубки были проведены около 30 лет назад куртинно-групповым способом с выборкой крупномерных деревьев сосны, ели и лиственницы. Естественного возобновления на этих участках хвойными породами до сих пор не происходит. В настоящее время в составе насаждений достаточно часто (до 10%) встречается лиственница, возраст отдельных деревьев достигает 180-250 лет.

По материалам таксации лесная площадь составила 84,5% территории, с участием лиственницы – 4,8%, площадь не возобновившихся лесосек составила 6,4%. Эта древесная порода на двух таксационных выделах оказалась преобладающей: при участии в составе 50% – на площади 0,5 га, при 40% – на площади 0,3 га. На площади 8,8 га лиственница составляла 20% по запасу древостоя, на площади 29,7 га ее доля достигала лишь 10%. Единичные деревья лиственницы обнаружены в древостоях на площади 88,6 га, а также на вырубках площадью 7,2 га. В целом лиственница встречалась на площади 135,1 га, то есть на 51% площади дачи. При этом лиственница встречалась в древостоях различного возраста: в молодняках (19,8 га), в средневозрастных (9,1 га), приспевающих (37,9 га), спелых (18,4 га) и перестойных (49,9 га) древостоях.

Лиственница занимает лидирующее положение по высоте и диаметру среди остальных древесных пород. Преимущество также наблюдается и по числу стволов на единице площади, по сумме площадей сечений. Запас древесины лиственницы достигает 262 м<sup>3</sup>/га, что существенно больше, чем по сосне, березе и ели.

Следует также отметить и тот факт, что возраст лиственницы на участке достигал 250 лет, в связи с этим мало вероятно искусственное ее происхождение. Отсутствие лиственницы в соседних кварталах, вероятно, объясняется тем, что в корабельных лесах осуществлялся заповедный режим хозяйства, а в соседних, особенно в бывших частновладельческих лесах, наблюдалась его безудержная эксплуатация.

По данным инвентаризации насаждения в 1930 году, лиственница в Мельгуновской даче хорошо возобновлялась на вырубках. Особенно на лесосеке 1890 года, на которой сформировался прекрасный молодняк 2 класса возраста, 2 класса бонитета с полнотой 1,0 и составом 6С2Лц1Е1Б. Сегодня естественное возобновление в роще практически отсутствует. Нами обнаружено всего несколько деревьев лиственницы высотой 2-3 м вдоль старой лесовозной дороги. Неоднократные следы пожарных подсушин на деревьях свидетельствуют о периодическом возникновении лесных пожаров в роще. Именно пожары способствовали естественному возобновлению лиственницы, так как толстая кора взрослых деревьев предохраняет их от огня.

## **TO THE QUESTION OF THE LARCH GENE RESOURCES PRESERVATION IN VOLOGDA REGION**

Evdokimov I.V.<sup>1</sup>, Andronova M.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>N.V. Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy, Vologda, Russia,  
*igorevd1@rambler.ru*

<sup>2</sup>Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia,  
Vologda, Russia, *mary1969@ya.ru*

The main forest forming species of the Vologda region are: spruce fir, siberian spruce, common pine, birch (fluffy and furry), aspen, alder gray. Larch belongs to

the forest stands of the eastern districts of the region. In artificial plantings larch is found throughout the region.

In 1914 V.P. Drobov found local locations of this breed on the Andoma River in the Vytegra district, they were repeatedly mentioned by Yu.D. Zinserling in 1934. In 1896 A.I. Kolmovsky pointed to the isolated location of larch in the middle reaches of the river Kema (Vashkin district).

The listed locations of siberian larch are the most western in the North of the European part of Russia. Such objects as "Melgunovskaya dacha", "Oryol Grove", "Larch Forest" and others have the status of protected areas. Since 1993 larch has been included in the list of rare plants of the Vologda region.

The modern wooded area of the "Melgunovsky" reserve is 541 hectares, of which about half are coniferous species. Spruce forests and pine forests are acidic and bilberry (76%), sphagnum and sedge-sphagnum pine forests account for about 16% of the total wooded area. Coniferous forests belong mainly to the ripe group.

As a result of the felling that began in the 1930s the ship grove was almost completely cut down. The last felling was carried out about 30 years ago by a group-by-group method with a selection of large-sized pine, spruce and larch trees. Natural regeneration on these sites of coniferous species is still not happening. Currently within the plantations larch often occurs (up to 10%), the age of individual trees reaches 180-250 years.

Based on the taxation the forest area was 84.5% of the territory, with the participation of larch – 4.8%, the area of non-renewed felling areas was 6.4%. This tree species in two taxation areas turned out to be predominant: with the participation of 50% in the area of 0.5 ha, at 40% – on an area of 0.3 ha. On an area of 8.8 ha larch made up 20% of the stand stock, on an area of 29.7 ha its share reached only 10%. Single larch trees were found in stands on an area of 88.6 ha, as well as on felling areas of 7.2 ha. In general larch was found on an area of 135.1 ha, that is 51% of the cottage area. In this case larch was found in stands of different ages: in young growths (19.8 ha), in medium-aged (9.1 ha), ripening (37.9 ha), ripe (18.4 ha) and overripe (49.9 ha) stands.

Larch occupies a leading position in height and diameter among the remaining tree species. The advantage is also observed in the number of trunks per unit area, by the sum of the areas of sections. The stock of larch wood reaches 262 m<sup>3</sup>/ha, which is much larger than for pine, birch and spruce.

It should also be noted the fact that the age of larch on the area reached 250 years, in connection with this it is unlikely that its artificial origin. Lack of larch in neighboring quarters is probably due to the fact that in the ship forests the reserve regime of economy was implemented, and in its neighboring, especially in the former private forests, its unrestrained exploitation was observed.

According to the inventory of the plantation in 1930 the larch in the Melgunovskaya dacha was well resumed on felling. Especially in the felling area of 1890, on which a fine youngster of the 2nd class, of the 2nd class of bonitet was formed with the completeness of 1.0 and the composition 6C2JИ1E1B. Today there is practically no natural renewal in the grove. We found only a few trees of larch 2-3 m high along the old logging road. Repeated traces of fire dryings on trees testify

to the periodic occurrence of forest fires in the grove. It was fires that contributed to the natural renewal of larch as the thick bark of adult trees protects them from fire.

## **ВНУТРИВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПО ВЕГЕТАТИВНЫМ И РЕПРОДУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ У БОРЕАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ *PINUS SIBIRICA*)**

Жук Е.А., Горошкевич С.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия,  
*eazhuk@yandex.ru*

Выявление характера и природы изменчивости адаптивных признаков является одной из наиболее актуальных проблем современной лесной генетики. С середины прошлого века ведутся исследования географической изменчивости фенологических и морфологических признаков, благодаря которым для многих видов установлена структура адаптивного разнообразия. На этой основе разработано лесосеменное районирование и основанные на нем правила лесовосстановления. Большая часть работ по внутривидовой изменчивости посвящена географической изменчивости признаков, характеризующих устойчивость и скорость роста. Исследованию репродуктивных признаков всегда уделялось значительно меньше внимания. Работ, касающихся внутривидовой изменчивости по репродуктивным признакам у хвойных видов, крайне мало. Решение этого вопроса особенно актуально для кедра сибирского, т.к. он в первую очередь ценится своими семенами.

Объект нашего исследования – климатические экотипы кедра сибирского. На примере этого вида мы изучили рост и половую репродукцию у перемещенных в однородные условия широтных (Западно-Сибирская равнина) экотипов кедра сибирского в связи с климатом районов происхождения экотипов. Мы обобщили режимные наблюдения за ростом и семеношением экотипов в клоновом архиве, расположенном на юге лесной зоны. Различия по росту между экотипами кедра сибирского были сравнимы с другим бореальными видами хвойных как по направлению, так и по величине. Общая вегетативная продуктивность, а также все без исключения ее элементы, существенно снижались по мере сокращения теплообеспеченности в местах происхождения исходных популяций. Различия по половой репродукции имели другие закономерности. Южный экотип формировал минимальное число мужских и женских шишек при очень интенсивном росте. Северный экотип имел среднее семеношение и обильное мужское цветение при самом слабом росте, причем интенсивность семеношения ежегодно снижалась по сравнению с другими экотипами. Промежуточные экотипы имели наибольшее число женских шишек при среднем количестве мужских побегов и среднем росте. Таким образом, характер связи климата районов происхождения экотипов с заложением репродуктивных структур гораздо сложнее, чем с ростом.

Полученные результаты показывают принципиальные различия в характере и причинах разнообразия признаков, характеризующих развитие вегетативной и репродуктивной сферы. В вегетативной сфере связь между климатическими условиями в местах происхождения популяций бореальных видов хвойных и ростом их потомства в одинаковых условиях всегда прямая: чем выше теплообеспеченность в пункте происхождения, тем интенсивней рост. В генеративной сфере прямых связей отдельных признаков с теплообеспеченностью в пункте происхождения нет вообще: все они криволинейные и неоднозначные. При этом мужская и женская «половинки» репродуктивной функции зависят от изучаемых факторов, а также от состояния вегетативного роста, опять же по-разному, вплоть до диаметрально противоположной ситуации. Вопрос о факторах половой репродукции хвойных, в том числе, применительно к географической внутривидовой изменчивости характеризующих ее признаков, остается пока открытым.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 15-04-03924.*

## **INTRASPECIES VARIATION IN GROWTH AND REPRODUCTIVE TRAITS IN BOREAL FOREST TREE SPECIES (THE CASE OF *PINUS SIBIRICA*)**

Zhuk E.A., Goroshkevich S.N.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems,  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, *eazhuk@yandex.ru*

Identifying the nature and trends in the variability of adaptive traits is one of the most topical problems of modern forest genetics. Geographic variability of phenological and morphological traits has been studied since the middle of the last century, and the structure of adaptive diversity is defined for many species. On this basis, forest seed zoning and the rules for reforestation have been developed. Most investigations of intraspecific variations, both of the Siberian stone pine and other conifers, have focused on the geographic variations in traits related to disease resistance and growth rate. Investigations of reproductive traits are scarce for most species, especially in conifers. Such studies are of significant value in terms of the Siberian stone pine because of the high market value and ecological importance of the seeds.

The objects of our investigation are the climatic ecotypes of Siberian stone pine. For this species, we studied growth and sexual reproduction in latitudinal (West Siberian Plain) ecotypes growing in the uniform conditions in connection with the climate of the provenances. We summarized the regular observations of the growth and reproduction in ecotypes in the clonal archive situated in the south of the forest zone. Variations in growth among of Siberian stone pine ecotypes were similar to other boreal conifer species both in direction and range. Total vegetative productivity, as well as all its elements, were reduced as heat supply decreases in the provenances. Variations in sexual reproduction had another patterns. The southern ecotype formed the minimum number of male and female cones and very intensive



growth. The northern ecotype had a medium cone bearing and abundant male flowering with the slowest growth, and the intensity of cone production decreased annually compared with other ecotypes. Intermediate ecotypes had the largest number of female cones with an moderate number of male shoots and moderate growth. Thus, the nature of the relationship between the climate of the provenances and the reproductive variation is much more complex than between climate and growth.

These results showed the fundamental differences in the patterns and nature of variation in growth and reproductive traits. The vegetative traits in boreal conifers revealed the direct relationship between climatic conditions in the provenances and the growth rate of their progeny in common garden experiment: a warmer climate was accompanied by more rapid growth. In contrast, reproduction traits had no linear relationship with climatic conditions: they were almost all curved and ambiguous. Male and female reproduction traits are affected in different ways by the factors studied and the state of vegetative growth. The issue of sexual reproduction factors in conifers, including their relationships with intraspecific geographical variations, is still not fully understood.

*This work was supported by RFBR grant No. 15-04-03924.*

## **ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ПОДЗОНЕ ЗАУРАЛЬСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**Залесов С.В.<sup>1</sup>, Залесова Е.С.<sup>1</sup>, Третьяков В.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия,  
*Zalesov@usfeu.ru*

<sup>2</sup>Филиал ФБУ «Рослесозащиты» – «ЦЗЛ Курганской области», Курган, Россия,  
*czlkurgan@rcfh.ru*

Решение вопросов лесосеменного районирования требует анализа роста древостоев, созданных из семян различного географического происхождения. В связи с реформированием лесного хозяйства многие уникальные объекты по изучению роста и устойчивости древостоев в зависимости от географического происхождения семян были утрачены. В то же время в Курганской области имеется уникальный стационар, в котором испытаниям подвергнуты 33 климатипа и 2 образца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) из Курганской области. Географические культуры сосны обыкновенной были заложены в 1976 г. на бывшей пашне с серой лесной оподзоленной супесчаной почвой на древне-аллювиальных песчаных отложениях. Район расположения стационара относится к Западно-Сибирскому подтаежно-лесостепному району лесостепной зоны.

Перед посадкой проводилась сплошная вспышка с одновременным боронованием. Лесные культуры создавались вручную под меч Колесова двухлетними сеянцами. Размещение посадочных мест 2,5 × 0,75 м. Посадка экотипов осуществлялась блоками. В пределах блока сеянцы высаживались рядами протяженностью не более 50 м.

Выполненные исследования показали, что сохранность различных климатипов варьируется от 4,8 до 40,4% при среднем значении по стационару 20,6%. Сохранностью выше 30% характеризовались климатипы из Зеленодольского лесничества Республики Татарстан (40,4%), Белорецкого лесничества Республики Башкортостан (32,1%), Заводоуковского лесничества Тюменской области (31,6%), Тавдинского лесничества Свердловской области (30,2%), Тарского лесничества Омской области (32,1%) и Куртамышского лесничества Курганской области (30,9%). Сохранностью ниже 10% характеризовались климатипы из Ракитовского лесничества Алтайского края (4,8%), Болотнинского лесничества Новосибирской области (5,9%).

При среднем запасе древесины на стационаре 258 м<sup>3</sup>/га указанный таксационный показатель по климатипам варьируется от 611 до 77 м<sup>3</sup>/га. Запас более 400 м<sup>3</sup>/га имеют климатипы из Мелекского лесничества Ульяновской области (453 м<sup>3</sup>/га), Камского лесничества Республики Татарстан (611 м<sup>3</sup>/га), Белорецкого лесничества Республики Башкортостан (403 м<sup>3</sup>/га), Заводоуковского лесничества Тюменской области (555 м<sup>3</sup>/га). Запас менее 100 м<sup>3</sup>/га имеют климатипы из Болотнинского лесничества Новосибирской области (77 м<sup>3</sup>/га), Ракитского лесничества Алтайского края (90 м<sup>3</sup>/га). При этом искусственные насаждения Куртамышского лесничества Курганской области имели сохранность 30,9% при запасе 330 м<sup>3</sup>/га.

### **Выводы**

1. Стационар по изучению роста географических культур сосны обыкновенной в ГКУ «Куртамышское лесничество» Курганской области является уникальным научным объектом и требует охраны и продолжения исследований.

2. Производительность искусственных насаждений, созданных из семян ряда климатипов, существенно превосходит местные климатипы по показателям сохранности и запаса стволовой древесины.

3. Полученные данные позволяют продолжить работы по уточнению лесосеменного районирования.

## **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ, ЗАЩИТЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ЯСЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО В БЕЛАРУСИ**

Звягинцев В.Б.<sup>1</sup>, Пантелеев С.В.<sup>2</sup>, Константинов А.В.<sup>2</sup>, Ярук А.В.<sup>1</sup>,  
Кудряшова О.А.<sup>3</sup>, Ширко С.И.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь,  
*mycolog@tut.by*

<sup>2</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

<sup>3</sup>Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр, Минск, Беларусь

<sup>4</sup>Государственное учреждение «Беллесозащита», Минск, Беларусь

Ясеновые насаждения являются наиболее сложной лесной формацией по составу доминирующей древесной растительности, нижних ярусов фитоценозов и ассоциированным организмам. Леса ясеновой формации

характеризуются высоким биоразнообразием. К примеру, в ясенниках Великобритании выявлена почти тысяча видов, находящихся в тесной консорции с *Fraxinus excelsior*, причем некоторые из них являются облигатными симбионтами ясеня обыкновенного и не способны существовать в ассоциации с другими растениями. Следовательно, естественные, особенно старовозрастные ясеневые древостои, представляют особую ценность не только как источник качественного древесного сырья, но и как объекты охраны редких видов организмов и их сообществ.

Массовое усыхание ясеневых насаждений, впервые описанное в Польше в 1990-х гг., уже более двух десятилетий перекраивает карту лесной растительности Европы. По наиболее обоснованной гипотезе причиной сложившейся ситуации является эпифитотия инвазивного дальневосточного аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya. Начиная с 2003 г. площадь ясеневых насаждений в Беларуси сократилась на половину и продолжает падать. Катастрофическое воздействие эпифитотии на ясеневые экосистемы, имеющее огромные экономические, социальные и экологические последствия, требует разработки новых, научно обоснованных подходов к управлению сложившейся ситуацией. Учитывая высокие темпы гибели ясеневых насаждений, встает вопрос не только об их защите, но и о сохранении ясеня как вида. С 2016 г. коллективом исследователей из 4-х республиканских научных организаций начата разработка комплексной программы повышения устойчивости, защиты и восстановления насаждений ясеня обыкновенного.

Известно, что в насаждениях естественного происхождения от 2 до 6% популяции ясеня обыкновенного несет гены устойчивости к заболеванию. Одна из важных практических задач, решаемых в рамках проекта, это отбор таких растений, изучение механизмов их устойчивости, клональное микроразмножение и создание испытательных культур. Скрининг растений с повышенной устойчивостью ведется по двум направлениям: поиск растений без признаков повреждения некрозом в естественных насаждениях и отбор экземпляров с повышенной устойчивостью среди сеянцев ясеня, полученных из семян производственного сбора на естественном инфекционном фоне. Разработаны методики предварительного отбора деревьев с повышенной устойчивостью к халаровому некрозу, и массового микроклонирования устойчивых растений ясеня.

В настоящее время отобран и передан для инициации культур *in vitro* и мультипликации материал с деревьев различного географического происхождения, не имеющих признаков поражения инфекционными болезнями. Введена в культуру *in vitro* экспериментальная партия растений ясеня обыкновенного и отрабатывается этап их стабилизации. В лесном питомнике РЛССЦ заложены испытательные посеы ясеня из 13 лесхозов и Центрального ботанического сада НАН Б. Формируется база данных иммунных к инфекционному некрозу ветвей особей ясеня обыкновенного.

# DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED PROGRAM OF INCREASING THE SUSTAINABILITY, PROTECTION AND RESTORATION OF ASHSTANDS IN BELARUS

Zvyagintsev V.B.<sup>1</sup>, Panteleev S.V.<sup>2</sup>, Konstantinov A.V.<sup>2</sup>, Yaruk A.V.<sup>1</sup>,  
Kudryashova O.A.<sup>3</sup>, Shirko S.I.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, *mycolog@tut.by*

<sup>2</sup>Forest Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

<sup>3</sup>Republican forest selection and seed center, Minsk, Belarus

<sup>4</sup>Bellesozashhita, Minsk, Belarus

Ash stands are the most complex forest formation in terms of the composition of dominant trees, the understory of phytocenoses and of associated organisms. The forests of the ash-tree formation are characterized by high biodiversity. For example, almost a thousand species existing in close consortia with *Fraxinus excelsior* were identified in Britain's ash forests, some of them are obligate symbiotes of ash and can not exist in association with other plants. Therefore, natural, especially old-growth ash trees, are of particular value not only as a source of quality wood raw materials, but also as objects of protection of rare species of organisms and their communities.

Ash dieback was described first in Poland in the 1990's and redraws the map of European forest vegetation for more than two decenniums. According to the most reasonable hypothesis, the cause of the situation is the epiphytoty of the invasive Far Eastern ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya. Since 2003, the planted area of ash trees in Belarus has decreased by half and continues to fall. The catastrophic impact of epiphytoty on ash-tree ecosystems, which has enormous economic, social and environmental consequences, requires the development of new, scientific-based approaches to managing the current situation. In view of the high rate of ash dieback, the issue is not only their protection, but also the preservation of ash as a species. Since 2016, a team of researchers from four republican scientific organizations has begun the development of a comprehensive program to improve the stability, protection and restoration of ashstands.

It is known that in plantations of natural origin from 2 to 6% of the population carries genes of resistance to disease. One of the important practical tasks to be accomplished within the framework of the project is the selection of such plants, the study of mechanisms of their stability, micropropagation and creation of test cultures. Screening of resistant plants is carried out in two directions: the search for plants without signs of damage by necrosis in natural plantations and selected stable specimens among the seedlings of ash, from the seeds of production collection on a natural infectious background. The methods of the preliminary selection of resistant to *H. fraxineus* trees and mass propagation of resistant ash plants have been developed.

At present the material of trees without signs of infection of various geographical origin has been selected and transferred to tissue culture initiation and multiplication. A pilot lot of common ash has been introduced into the culture *in vitro* and the stage of their stabilization is being worked through. The

experimental seeding of ash from 13 forestries and the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus has been established in the forest nursery of RLSSTS. The database of ash individuals resistant to infectious necrosis of branches is being formed.

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПОЙМЕННЫХ ДУБРАВ БЕЛАРУСИ**

Зеленский В.В., Каган Д.И., Клименков Е.П.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, *forinstnanb@gmail.com*

Пойменные дубравы являются уникальными природными объектами. Они произрастают в условиях ежегодного периодического затопления на различный срок во время весенних паводков и непрерывного протекания русловых и аллювиальных процессов.

В дубравах Беларуси наиболее широко распространены ранняя и поздняя формы дуба черешчатого. Эти формы приурочены к определенным почвенно-гидрологическим условиям. На богатых суглинистых влажных почвах более производительной и быстрорастущей является ранняя форма, а на повышенных местах с бедными почвами – поздняя форма. Эта закономерность наблюдается в естественных древостоях и культурах дуба. В то же время обе формы могут произрастать одновременно в одних условиях местопроизрастания.

В пойме дуб произрастает в широком спектре типов условий местопроизрастания: В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, С<sub>4</sub>, Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub>. Лучшим для него являются участки высокого и среднего уровней поймы, где формируются дубравы широколиственно-пойменные, ясеневые-пойменные и лещиново-пойменные в типах условий местопроизрастания С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub>.

По данным лесного кадастра Республики Беларусь на 01.01.2017 года площадь пойменных дубрав в Министерстве лесного хозяйства составляет 22 771 га, а не покрытых лесом земель, пригодных для выращивания пойменных дубрав, составляет 767 га.

По типологической структуре пойменные дубравы распределены следующим образом: прируслово-пойменные 9 022 га; злаково-пойменные 7 058 га; ольхово-пойменные 2 937 га; ясеневые-пойменные 302 га; широколиственно-пойменные 1 021 га; пойменный 2 431 га.

В настоящее время площади пойменных дубрав в Беларуси в результате усыхания постоянно уменьшаются. Дестабилизация лесных экосистем, вызванная изменением климата, высокой антропогенной нагрузкой и другими факторами, привела к снижению биологической устойчивости насаждений и полезных функций леса, массовому развитию различных комплексов вредных организмов.

Естественное возобновление дубрав из-за неблагоприятных климатических факторов, наблюдавшихся на протяжении последних лет, происходит крайне неудовлетворительно. Подрост дуба встречается редко и без содействия естественному возобновлению и эффективному

лесоводственному уходу за подростом насаждения с преобладанием дуба в поймах рек не формируются.

Изучение популяционной структуры и степени подразделенности пойменного и суходольного экотипов дуба черешчатого показало, что суходольные насаждения характеризуются избытком гетерозиготных деревьев как на уровне популяций ( $F_{IS} = -0,016$ ), так и на уровне вида в целом ( $F_{IT} = -0,009$ ), в отличие от пойменных, для которых на обоих уровнях установлен дефицит гетерозигот ( $F_{IS} = 0,030$ ,  $F_{IT} = 0,040$ ). Результаты исследования свидетельствуют о том, что в течение длительного биологического времени под влиянием гетерогенной среды обитания в суходольных и пойменных насаждениях формируется специфичная генетическая структура, адаптированная к соответствующим условиям местопроизрастания. Это необходимо учитывать при лесовосстановлении и развитии селекционного семеноводства дуба черешчатого.

В настоящее время сотрудники Института леса НАН Беларуси приступили к фундаментальным исследованиям по оценке динамики состояния и степени деградации пойменных дубрав, состоянию генетических ресурсов данной формации. Целью исследования является усовершенствование методов лесовосстановления и лесоразведения пойменных дубрав на зонально-типологической и генетико-селекционной основе.

## **О ГЕНОФОНДЕ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*)**

Земляной А.И.

Западно-Сибирское отделение Института леса им. В.Н. Сукачева – филиал  
ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Новосибирск, Россия, [zemlyanoyalex38@mail.ru](mailto:zemlyanoyalex38@mail.ru)

Ареал кедра сибирского охватывает редко заселённые и труднодоступные районы Республики Коми, Урала, Западной и Восточной Сибири, а также Северной Монголии и простирается с запада на восток на 4 500 км от р. Вычегды до верховий Алдана и с севера на юг – на 2 700 км от Игарки ( $68^{\circ}30'$ ) до Северной Монголии ( $46^{\circ}30'$ ).

Площадь кедровых лесов с участием кедра более 30% составляет 36 млн га, а в составе менее 30% в насаждениях других пород – в 3,5 раза больше, т.е. общая площадь – более 150 млн га. Благодаря специфическому расселению тонкоклювой кедровкой его семян, он произрастает в самых разнообразных экологических условиях: от приполярных тундр до высокогорий Алтая и Саян, поэтому характеризуется широким спектром изменчивости насаждений.

Генофонд кедра включает совокупность всех генов (и генотипов) его популяций, каждая из которых включает деревья, длительное время произрастающие на одной территории, характеризующейся определенными частотами встречаемости генов, и изолированных друг от друга. Популяция является элементарной единицей существования и микроэволюции вида. В основе ее целостности лежит половой процесс, в котором, как в фокусе, концентрируются особенности обмена генами на гаметном уровне,

наследование признаков, жизнеспособность и адаптация новых поколений семенного потомства уже на зиготном уровне.

Кедр является однодомным анемофильным (ветроопыляемым) древесным растением, для которого характерно свободное – панмиксическое скрещивание между его особями. Однако, для популяций «девственных» кедровников (длительно – более 250 лет существующих без пожаров) характерно ступенчатое строение древостоев из близкородственных поколений, что препятствует реализации панмиксии.

Своеобразие процесса распространения семян кедра в пространстве кедровой тонкоклювой определяет специфику формирования его новых популяций. В «девственных» кедровниках из-за обилия зарослей кустарников и высокотравья, кедровка «не работает» – не устраивает кладки семян, поэтому эти кедровники восстанавливаются за счет семян материнского древостоя, образуя т.н. сукцессионную ГЭП – мозаику – куртины – микропопуляции из близкородственных особей. В них, вследствие инбридинга, увеличивается уровень гомозиготности, проявляющийся в повышенном содержании в шишках пустых семян. На гарях и вырубках кедровка охотно прячет семена, добытые ею из разных деревьев в течение нескольких лет, поэтому здесь формируются т.н. «пирогенные» кедровники с большим разнообразием генотипов, что обеспечивает успешность панмиксии и незначительное содержание в шишках пустых семян. Столь явные различия генетико-популяционной структуры «девственных» и «пирогенных» кедровников необходимо учитывать в селекционной работе.

Ареал кедра, 18-20 тысяч лет назад, простирался от Атлантики до Забайкалья, но в ледниковый период кедровники сохранились в убежищах, т.н. рефугиумах горных районов. Одним из таких мест является Кыгинский рефугиум, расположенный в южной части Телецкого озера, в котором сохранились реликтовые виды третичной флоры, что свидетельствует о длительной устойчивости мягкого климата. Здесь находится экологический оптимум кедра сибирского – высота его деревьев 45 м, а диаметр стволов достигает 2 м. Эти кедровники следует рассматривать в качестве родоначальной популяции при расселении кедра не только в горах Алтая и Саян, но и всей Сибири. Наиболее ценный генофонд высокой семенной продуктивности сосредоточен в подзоне южной тайги Томской, Новосибирской и Кемеровской областей. Это определяет необходимость создания здесь генетических резерватов и отбора плюс-деревьев.

## **ABOUT THE GENOCIDE OF THE SIBIRIC CEDAR (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR)**

Zemlyanoy A.I.

West-Siberian Branch of V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences – Branch of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS",  
Novosibirsk, Russia, *zemlyanoyalex38@mail.ru*

The area of the Siberian cedar covers the rarely populated and inaccessible regions of the Komi Republic, the Urals, Western and Eastern Siberia, as well as Northern Mongolia and extends from west to east for 4.500 km from the river. Vychegda to the upper reaches of Aldan and from north to south – 2.700 km from Igarka (68°30`) to Northern Mongolia (46°30`).

The area of cedar forests with the participation of cedar is more than 30% of 36 million hectares, and in the composition of less than 30% in plantings of other species – 3.5 times more, so that the total area is more than 150 million hectares. Due to the specific distribution of the thin-billed cedarwood of its seeds, it grows in a wide variety of ecological conditions: from the circumpolar tundra to the highlands of Altai and Sayan, therefore it is characterized by a wide range of plant variability.

The cedar gene pool includes a set of all genes (and genotypes) of its populations, each of which includes trees that have been growing for a long time in one territory, characterized by certain frequencies of occurrence of genes, and isolated from each other. The population is the elementary unit of existence and microevolution of the species. At the heart of its integrity lies the sexual process, in which, as a focus, the peculiarities of gene exchange at the gamete level are concentrated, the inheritance of characters, the viability and adaptation of new generations of seed progeny are already done at the zygote level.

Cedar is a monoecious anemophilous (wind-pollinated) woody plant, which is characterized by a free – panmixic crossing between its individuals. However, for the populations of "virgin" cedar forests (long – more than 250 years of existing without fires) is characterized by a stepped structure of stands from closely related generations, which prevents the implementation of panmixia.

The peculiarity of the process of propagation of cedar seeds in the area of the cedar pine tree determines the specificity of the formation of its new populations. In the "virgin" cedar forests because of the abundance of thickets of bushes and tall grass, the nutcracker "does not work" – does not suit the laying of seeds, so these cedar forests are restored at the expense of the seeds of the parent stand, forming the so-called. Succession GEP – mosaic – curtains – micropopulations from closely related individuals. In them, as a result of inbreeding, the level of homozygosity increases, manifested in the increased content of empty seeds in cones. On heaps and felling, nutcrafter willingly hides the seeds that she extracted from different trees for several years, so here are formed the so-called. "Pyrogenic" cedar forests with a wide variety of genotypes, which ensures the success of panmixia and insignificant content in cones of empty seeds. Such distinct differences in the



genetic and population structure of "virgin" and "pyrogenic" cedar forests should be taken into account in selection work.

The area of cedar, 18-20 thousand years ago, stretched from the Atlantic to Transbaikalia, but in the glacial period the cedar forests were preserved in shelters, which can be called refugiums of mountainous areas. One of these places is the Kiginsky refugium, located in the southern part of the Teletskoye Lake, where the relict species of the tertiary flora are preserved, which indicates the long-term stability of the mild climate. Here there is an ecological optimum of Siberian cedar – the height of its trees is 45 m, and the diameter of the trunks reaches 2 m. These cedar forests should be considered as ancestral population in the settlement of cedar not only in the Altai and Sayan mountains, but also throughout Siberia. The most valuable gene pool of high seed productivity is concentrated in the subzone of the southern taiga of Tomsk, Novosibirsk and Kemerovo regions. Finally, this determines us about the need to create here genetic reserves and selection of plus-trees.

## **ВЛИЯНИЕ СПЛОШНЫХ РУБОК НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГОРАХ УРАЛА**

Иванова Н.С., Золотова Е.С.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, *i.n.s@bk.ru*

В связи с увеличением темпов трансформации природных экосистем проблема сохранения биоразнообразия становится чрезвычайно актуальной. Район наших исследований расположен в Уральских горах (Россия). Более 20% лесных экосистем мира находится в России. Уральские горы расположены на границе между Европой и Азией, на стыке двух флор. Они являются частью пояса хвойных лесов Северного полушария и одной из 200 горячих точек биоразнообразия, сохранение которых необходимо для будущего выживания человечества. Район исследований расположен в Зауральской холмистой предгорной провинции (Средний Урал, Россия) между 57°00'-57°05'N; 60°15'-60°25'E. Изучалась трансформация растительности после сплошных рубок темнохвойных лесов в доминирующих местообитаниях, а именно в нижних частях пологих дренированных склонов, представляющих собой наиболее широко распространенные условия. Объектами исследования являлись 190-летние еловые леса с преобладанием в травянистом ярусе *Oxalis acetosella*, 65-летние березовые леса с густым подростом ели и 65-летние березовые леса с единичным подростом ели, а также луга-сенокосы. На пробных площадях изучен древостой, подлесок, подрост древесных растений и травяно-кустарничковый ярус. Пробные площади включали не менее 200 деревьев. Подрост изучали на лентах 20 × 4 м. Для определения продуктивности травяно-кустарничкового яруса были заложены 10-20 учетных площадок 1 × 1 м в период максимального развития травяно-кустарничкового яруса. Растения вырезали на уровне почвы, сортировали по видам, высушивали до абсолютно сухого состояния при температуре 105 °С и затем взвешивали. Установлено, что сплошные рубки

вызывают изменения в структуре растительных сообществ: видовом составе и продуктивности. Количественные отношения между видами сильно изменяются. Виды, образующие основной фон нижних ярусов еловых лесов (*Oxalis acetosella*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Asarum europaeum*, *Fragaria vesca*, *Equisetum sylvaticum*, *Dryopteris expansa*, *Viola selkirkii*), резко снижают фитомассу во вторичных березовых лесах и исчезают на лугах. Некоторые виды присутствуют в небольших количествах в ельниках, но преобладают во вторичных экосистемах. Это *Calamagrostis arundinacea*, *Carex nigra*, *Aegopodium podagraria*, *Aconitum septentrionale*, *Pulmonaria mollis*, *Lathyrus vernus*. Наибольшее флористическое разнообразие (55 видов сосудистых растений) отмечено на лугах. Здесь доминируют: *Cirsium heterophyllum*, *Trollius europaeus*, *Deschampsia caespitosa*, *Bistorta carnea*, *Alchemilla vulgaris*, *Filipendula ulmaria*, *Ranunculus auricomus* и *Agrostis tenuis*. Надземная фитомасса уменьшалась только под пологом березовых лесов с густым подростом ели. Таким образом, сплошные рубки приводят к появлению широкого спектра растительных сообществ в пределах однородных лесорастительных условий (одного типа коренных лесов). В течение долгого времени эти экосистемы различаются структурой всех ярусов лесной растительности, условиями почвообразования и, следовательно, направлением и интенсивностью процессов лесовосстановления. Возраст елового подроста составлял 65 лет и более для большинства зарегистрированных экземпляров. Этот подрост выжил во время сплошных рубок и стал определяющим фактором направления лесовозобновления.

## **IMPACT OF TIMBER HARVESTING ON THE BIODIVERSITY OF FOREST ECOSYSTEMS IN URAL MOUNTAINS**

Ivanova N.S., Zolotova E.S.

Botanical Garden, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia,  
*i.n.s@bk.ru*

The problem of biodiversity is becoming very relevant due to the increase in the rate of transformation of natural ecosystems. The research area is located in the Ural Mountains, Russia. More than 20% of the world's forest ecosystems are in Russia. The Ural Mountains are located on the border between Europe and Asia, at the junction of two floras. Ural forests are part of the belt of coniferous forests in the Northern Hemisphere. They are one of the 200 hot spots of biodiversity, the preservation of which is necessary for the future survival of mankind on the planet Earth. The research site is situated in the Zauralsky (Trans-Ural) hilly piedmont province (Middle Ural, Russia) between 57°00'–57°05'N; 60°15'–60°25'E. Transformation of vegetation, which takes place in dark-coniferous forests under the action of clear timber harvesting in dominating forest habitats namely at the bottom of draining gentle slopes, which represent the most widely occurring group of forest conditions was studied. Harvesting was conducted 65 years ago. Research objects were 190-year-old spruce forests with domination in herbaceous layer of *Oxalis*

*acetosella*, 65-year-old birch forest with undergrowth of thick spruce, 65-year-old birch forest with undergrowth of sparse spruce and hay meadow. The plots were studied with regard to tree stand, understory and grass layer. Sample plots included no less than 200 woody plants. The undergrowth of trees on the tapes 20 × 4 m was studied. In order to determine the productivity of grass-shrub layer 10 to 20 record subplots of 1 × 1 m over period of maximum grass stand were established. The plants were cut at soil level, sorted by species, dried to an absolutely dry condition at the temperature of 105 °C and afterwards weighed. It was found that timber harvesting caused changes in structure of vegetation communities: the species composition and productivity of lower layers. Quantitative relationships between species have changed greatly. Species that forming the main background of lower layers in spruce forests (*Oxalis acetosella*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Asarum europaeum*, *Fragaria vesca*, *Equisetum sylvaticum*, *Dryopteris expansa*, *Viola selkirkii*) lost sharply in their biomass in secondary birch forests and were absent altogether in meadows. Some species are present in small amounts in forest, but is dominated in secondary ecosystems. It is *Calamagrostis arundinacea*, *Carex nigra*, *Aegopodium podagraria*, *Aconitum septentrionale*, *Pulmonaria mollis*, *Lathyrus vernus*. Hay meadows were also distinguished for largest floristic diversity (55 species). *Cirsium heterophyllum*, *Trollius europaeus*, *Deschampsia caespitosa*, *Bistorta carnea*, *Alchemilla vulgaris*, *Filipendula ulmaria*, *Ranunculus auricomus* and *Agrostis tenuis* dominated in these ecosystems. The aboveground biomass decreased only under the canopy of birch forests with undergrowth of thick spruce. Thus anthropogenic effects lead to appearance of a wide spectrum of vegetation communities within a single forest habitat (one type of indigenous forests). For a long time these vegetation communities differ by the structure of all vegetation layers, conditions of soil formation, and, consequently, by the direction and intensity of restoration processes. Age of spruce undergrowth was 65 years or more for most of the recorded trees. This undergrowth survived during harvesting. The reforestation direction was determined by the number of spruce undergrowth, which was stored in the timber harvesting.

## РЕЛИКТОВЫЕ РАСТЕНИЯ ЛЕСНЫХ БИОТОПОВ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Изверская Т.Д., Гендов В.С.

Ботанический сад (Институт) Академии наук Молдовы, Кишинев, Республика Молдова  
[t\\_izverskaya@mail.ru](mailto:t_izverskaya@mail.ru), [v\\_ghendov@mail.ru](mailto:v_ghendov@mail.ru)

Во флоре Республики Молдова отмечено 1 893 вида высших растений из 630 родов и 123 семейств. В ней преобладают цветковые растения (*Magnoliophyta*), общее число которых составляет 98%. Стациональный спектр флоры показывает, что наибольшее число видов (35%) встречается в биотопах, связанных с лесами (в лесах, на полянах и опушках). Это типично лесные виды, произрастающие под пологом древостоев, а также опушечные, лугово-степные, степно-луговые и луговые, приуроченные к лесным полянам и

опушкам. Лесные биотопы региона поддерживают значительное число (44%) редких видов сосудистых растений, уязвимых из-за малочисленности популяций и ограниченного распространения по территории. В связи с этим они крайне чувствительны к внешнему воздействию (аридизация климата, антропогенный фактор). В числе редких присутствуют особо ценные в научном отношении виды реликтов и эндемиков. Многие реликтовые растения являются палеоэндемиками, поскольку имеют ограниченные ареалы, в пределах которых они вполне обычны, другие же широко распространены, но встречаются спорадически, не имея сплошных ареалов.

Общее число реликтов разного возраста в Республике Молдова достигает 60 видов. Преобладающее большинство из них (40 видов) приурочены к лесным биотопам, в т.ч. третичные реликты, такие как: *Cypripedium calceolus* L., *Daphne mezereum* L., *Euonymus nanus* Bieb., *Hepatica nobilis* Mill., *Lathyrus venetus* (Mill.) Wohlf., *Lunaria rediviva* L., *Securigera elegans* (Panc.) Lassen, *Vitis sylvestris* C.C.Gmel. и др. Довольно многочисленны (13 видов) реликты широколиственных лесов Волыно-Подольской возвышенности – *Clematis vitalba* L., *Dentaria quinquefolia* Bieb., *Doronicum hungaricum* Reichenb. fil., *Lathyrus aureus* (Stev.) Brandza, *Rhamnus tinctoria* Waldst. et Kit., *Salvia glutinosa* L., *Scrophularia vernalis* L., *Scopolia carniolica* Jacq., *Staphylea pinnata* L. и другие. 19 видов являются палеоэндемиками, поскольку обладают разорванными ареалами. В регионе на пределе своего распространения находятся 32 вида, в том числе на южном 20 видов северных гумидных стран, наиболее чувствительные к аридизации климата, на северной и северо-восточной соответственно 6 и 4 вида южных аридных стран и по 1 виду на западном и восточной пределе. К прогнозируемой засушливости климата в значительно большей степени чувствительны наименее устойчивые к засухе длительно вегетирующие виды лесных биотопов. Для реликтов исключение могут составить немногочисленные виды эфемероидного типа развития, существование которых возможно при условии сохранения экосистемы, в которой они существуют (например, *Dentaria quinquefolia* Bieb. и *Leucojum aestivum* L.).

Редкими на территории Молдовы являются 32 реликтовых вида, из них законодательно охраняются 29 видов, 21 вид включен в 3-е издание Красной книги Республики Молдова и 32 включены в Операционный Список, составленный при разработке Национальной Экологической Сети. В Красную книгу Приднестровской Молдавской Республики включены 7 видов, в Красную книгу Украины – 19 видов и в Красную книгу Румынии – 2 вида. Включенный в Красную книгу Республики Молдова как критически угрожаемый (категория редкости «CR») и в Красную книгу Украины как уязвимый (категория редкости «Вразливий») вид является редким на территории всей Европы. Он включен в Приложения II и IV к Директиве по местообитаниям (Директива Совета 92/43/ЕЕС от 21 мая 1992 г. по сохранению природных местообитаний и дикой фауны и флоры) и Конвенцию по Сохранению Европейской дикой природы и естественных местообитаний (Бернская Конвенция).

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛЮСОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ И КЛОНОВОЙ ЛЕСОСЕМЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. В КАРЕЛИИ

Ильинов А.А., Раевский Б.В.

Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия

*ialexa33@yandex.ru*

Лесосеменные плантации (ЛСП) – ключевая категория объектов в структуре постоянной лесосеменной базы лесообразующих видов. Главная задача ЛСП – обеспечение лесного хозяйства улучшенными семенами лесных пород, обладающими ценными наследственными свойствами и высокими посевными качествами. Важным аспектом является сохранение и поддержание на ЛСП уровня генетического разнообразия, свойственного природным популяциям основных лесообразующих пород того или иного региона.

Основой для создания клоновых ЛСП являются лучшие естественные или искусственные насаждения, выделяемые при селекционной инвентаризации. При отборе плюсовых насаждений и деревьев главное внимание уделяется следующим признакам: прямоствольность, полнодревесность, хорошее очищение стволов от сучьев, устойчивость к неблагоприятным факторам среды, вредителям и болезням. Однако до сих пор не выяснена роль генетической составляющей в продуктивности насаждений и отдельных деревьев.

В Карелии при реализации системы плюсовой селекции основных лесообразующих видов (сосны обыкновенной и ели финской) были созданы 6 прививочных ЛСП I порядка общей площадью около 454 га, в том числе сосны – 365 га. На этих объектах произрастают сотни вегетативных потомств плюсовых деревьев. Однако до настоящего времени работ по изучению состояния генофондов плюсовых насаждений и клоновых плантаций не проводилось.

Объектами исследования явились четыре природных популяций сосны обыкновенной (Водлозеро, Заонежье, Кивач, Сортавала), два плюсовых насаждения (Великая Губа и Заозерье), а также географически близкая к ним Петрозаводская клоновая лесосеменная плантация (ЛСП).

Цель работы – изучение на основе использования ядерных микросателлитных (simple sequence repeats – SSR) локусов генетического разнообразия природных популяций, плюсовых насаждений и клоновой лесосеменной плантации сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Для анализа были отобраны SSR-локусы: PtTX2123, PtTX2146 и Spac11. Разделение и определение микросателлитных фрагментов осуществляли с помощью капиллярного электрофореза на приборе CEQ 8000 Genetic analysis System (Beckman Coulter).

В результате исследования с помощью микросателлитных ядерных локусов PtTX2123, PtTX2146 и Spac11.8 проведено сравнительное исследование генетической структуры двух плюсовых насаждений (Великая

Губа, Заозерье) и четырех естественных карельских популяций (Водлозеро, Заонежье, Кивач, Сортавала) сосны обыкновенной, а также ЛСП сосны, дана оценка уровня их генетического разнообразия. Анализ основных параметров генетической изменчивости показал, что плюсовые насаждения сосны обыкновенной, характеризующиеся лучшими условиями произрастания по сравнению с естественными популяциями, отличаются средним уровнем генетического, в том числе аллельного разнообразия. Среднее значение  $F_{st}$  указывает на довольно высокий уровень межпопуляционной дифференциации в исследованной части ареала сосны обыкновенной, около 10% приходится на межпопуляционную изменчивость. Количественный анализ межпопуляционной дифференциации сосны обыкновенной с помощью вычисления генетических расстояний по Неи показал ( $D_N = 0,03-0,13$ ), что плюсовые насаждения генетически близки к основной группе южнокарельских популяций.

## **COMPARATIVE STUDY OF GENETIC DIVERSITY IN *PINUS SYLVESTRIS* L. PLUS STANDS AND GRAFTED SEED ORCHARD IN KARELIA**

Ильнов А.А., Raevsky B.V.

Forest Research Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences,  
Petrozavodsk, Russia, [ialexa33@yandex.ru](mailto:ialexa33@yandex.ru)

Forest seed orchards are the key-category objects within the permanent forest-seed establishment structure. The main task of them is to provide forestry with genetically improved seed material. To do it properly they ought to maintain the level of genetic diversity on the rate typical for native populations of a certain region.

Grafted seed orchards consist of a number of the best (plus) trees vegetative progenies chosen within the best (plus) and normal stands. Plus trees and stands are distinguished by their high productivity level, good stem form and straightness, superior self-pruning ability, sustainability against harmful insects and diseases. But still there is a great lack of information concerning genetic background of all these important features.

There are 6 grafted seed orchards in Karelia with the total area of 454 ha, including 365 ha of pine fields. Hundreds of pine vegetative progenies (clones) are growing there. But still their gene pool characteristics have not been investigated.

The main goal of investigation was to reveal the levels of genetic diversity of *Pinus sylvestris* native populations, plus stands and clone seed orchards using SSR analysis. Four native populations of pine (Vodlozero, Zaoneshye, Kivach, Sортавала), two plus stands (Velikaya Guba and Zaozerye) and Petrozavodsk seed orchard have been investigated. The said objects were studied using three microsatellite primers (Spac11, PtTX2123, PtTX2146). Separating and identifying of microsatellite fragments were done by means of capillar electrophoresis using CEQ 8000 Genetic analysis System (Beckman Coulter).

As a result of our research it was found that plus stands were characterised by medium levels of genetic and allele diversity. Medium value of *Fst* reflected the high level (10%) of interpopulation differentiation within the investigated area.

The Nei distances ( $D_N = 0.03-0.13$ ) calculated showed that the above mentioned plus stands are closely genetically related to South Karelia group of *Pinus sylvestris* populations.

## **СОХРАНЕНИЕ ЦЕННОГО ГЕНОФОНДА ПРИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ ВЫРУБОК НА ГАРЯХ ПРИОБСКИХ БОРОВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ**

Ильичев Ю. Н.

Западно-Сибирское отделение Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН –  
филиал ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Новосибирск, Россия  
*yu.ilyichev2015@yandex.ru*

В лесной отрасли одним из направлений сохранения, воспроизводства и рационального использования лесных генетических ресурсов (ЛГР), имеющих практическое приложение, может стать более широкое использование генетически ценных форм при промышленном лесовосстановлении.

На крупных вырубках по гарям с отсутствием обсеменителей и развитым травяным покровом исследователи предлагают создавать сплошные культуры крупномерными саженцами (Буторова, 1988; Бирюкова, Ряховский, Фрейнберг, 1983; и др.). На практике при больших объёмах лесных культур применение этого способа проблематично.

По этой причине, а также в связи с недостаточной эффективностью лесовосстановления на вырубках по гарям традиционными способами (Ильичев, Бушков, Маскаев, 2009), нами предложен способ лесовосстановления методом закладки обсеменительных культур 6-7-летними привитыми от плюсовых деревьев с повышенным семеношением саженцами (Ильичев, 2011). На 1 га весной и осенью высаживалось равномерно по площади 35-50 саженцев с комом земли, которые с 13-летнего возраста начинают плодоносить и, очевидно, станут выполнять роль семенников (Тараканов и др., 2001). При этом методе на несколько порядков сократится потребность в посадочном материале, отпадет потребность в уходах, лесовосстановление приблизится к естественному лесовозобновительному процессу.

Метод апробировался на 4-х опытных участках, расположенных на 9-11-летних вырубках, в мшисто-ягодниковом типе леса и на 5-8-летних вырубках в разнотравном типе леса. За период наблюдения с 2011 по 2016 гг. отмечено хорошее состояние посадок. В первый вегетационный период приживаемость саженцев 95-97%, средний прирост около 28-30 см. Динамика роста в последующие 2012-2016 гг. тоже положительная. В 2012 г. средняя высота саженцев на участках была 94-117 см, а в 2016 г. она уже составила 165-285 см. Выявлено также, что у 9-11% саженцев к 11 годам (через 5 лет)

сформировались шишки. Таким образом, предложенный метод лесовосстановления обеспечивает нормальный рост и развитие семенников сосны.

Однако, широкому применению данного метода препятствует повреждение сеянцев лосем. Обследование сохранности культур показало, что после первой перезимовки на участках 1 и 2 саженцы повреждены на 100 и 50% , на участках 3 и 4 – на 40 и 20% соответственно. Среди саженцев, отнесенных к сохранившимся, от 60% до 85% с повреждениями. В последующем они медленно растут и значительная часть их усыхает. Установлено, что лосем ежегодно объедается 10-15% новых саженцев, а часть саженцев объедается повторно. После гибели прививок до 80% подвоев остаются живыми.

Очевидно, что для широкого применения предлагаемого метода на практике необходимо решить вопрос защиты объектов от повреждения лосем. В зарубежных странах для этого разрабатываются и используются отпугивающие репелленты. В последние годы активные испытания репеллентов ведутся в Республике Беларусь. Аналогичные исследования планируется проводить и в России.

## **SAVING OF A VALUABLE GENE POOL IN REFORESTATION IN SLASH-FIREFELLED AREAS OF THE PRIOB PINEWOODS: OPPORTUNITIES AND PROBLEMS**

Ilyichev Yu.N.

West-Siberian Branch of V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences – Branch of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS",  
Novosibirsk, Russia, *yu.ilyichev2015@yandex.ru*

In the forestry sector one the directions of conservation and rational use of forest genetic resources can be wide use valuable forms in reforestation large clearings with the lack of sources of seed and developed of grass cover the researchers (Butorova, 1988; Biryukova, Ryakhovsky, Freinberg, 1983; etc.) prognose to establish a solid culture of large-sized seedings. When large volumes of forest crops, the application of this method problematic.

In connection with in sufficient efficiency of reforestation catting in traditional way and the problems of using continuons cultures large seedings, we prognose a method of reforestation laying seed crops. The seed culture was founded 6-7 years vaccinated against top seed productivity of trees (Ilyichev, 2011). On a hectare planted evenly over the area of 35-50 seedings with a lump of earth, who are 13 years of age begin to bear fruit and will perform the role of seed trees (Tarakanov et al, 2001). This method significantly reduced the need for planting material, obviating the need for treatments, reforestation approach to natural regeneration.

The method was tested on 4 experimental plots, located at 5-8 and 9-11-year-old clearings in different forest types. For the observation period from 2011 to 2016 noted good condition of the plantings. In the first vegetation period the seedings



survival rate of 95-97%, the average increase was about 28-30 cm. Dynamics of growth in the next 2012-2016 is also positive. In 2012, the average height of seedlings in the plots were 94-117 cm, and in 2016 it has become 165-285 cm. Also found that 9-11% of seedlings to 11 years (5 years) formed the bumps. Thus, the proposed method of reforestation ensures the normal growth and development of the seed trees of pine.

However, widespread application of the method prevents damage to seedlings by elk. Examination of intact cultures showed, that after first overwintering at sites 1 and 2 seedlings damaged by 100% and 50% at sites 3 and 4 for 40 and 20%. Among seedlings related to surviving, from 60% to 85% damage. Subsequently they grow slowly and most of them shrinks. Found the elk annually eats 10-15% of the new seedlings and the seedlings eats part again.

It is obvious that for wide application of the proposed method needs to address the issue of protection of objects from damage by moose. In foreign countries for this purpose repellent. In recent years active tests of repellents conducted in the Republic of Belarus. Similar studies are planned in Russia.

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ**

Ирошников А.И., Кострикин В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия  
*ilgis.lesgen@vrrn.ru*

В 2005 году Научно-исследовательским институтом лесной генетики и селекции (автор Ирошников А.И.) и Ботаническим садом УрО РАН при участии специалистов Рослесхоза и ФГУ «Росгипролес» разработано Положение о сохранении генетического фонда древесных пород в лесах России (далее – Положение). Кардинальные изменения в структуре управления лесным хозяйством страны и проводимые при этом реформы отодвинули утверждение этого Положения в качестве нормативного документа. При этом необходимость правового регулирования мероприятий по сохранению лесных генетических ресурсов остается весьма актуальной.

Основные принципы сохранения генетических ресурсов:

1. Сохранению подлежит генетический фонд (далее – генофонд) всех видов-лесообразователей, произрастающих на территории Российской Федерации, а также ценных по хозяйственным признакам акклиматизированных древесных растений. Сохранение генофонда местных (аборигенных) видов осуществляется независимо от эволюционно-таксономического статуса, оценки современной хозяйственной значимости отдельных ресурсов и принадлежности их насаждений к категориям защитности.

2. Охрана генофонда дендрофлоры проводится в порядке поэтапной реализации целевых федеральных и региональных программ,

разрабатываемых по материалам комплексной инвентаризации генетических ресурсов соответствующих видов-лесообразователей.

3. Состояние популяционных генофондов, перспективы их использования и трансформации определяют выбор конкретных – оптимальных для соответствующего региона форм (категорий) сохранения генетических ресурсов. Охрана генофонда видов-лесообразователей, характеризующихся сравнительно высокой представленностью не нарушенных антропогенными факторами природных популяций в пределах их ареала, обеспечивается непосредственно в условиях естественного произрастания (*in situ*) – как на объектах ООПТ (преимущественно в государственных природных заповедниках), так и в системе лесных генетических резерватов (в регионах, не имеющих соответствующих ООПТ), фактически являющихся структурной единицей ООПТ.

4. Основной формой сохранения генофонда видов древесных растений в условиях *in situ* являются лесные генетические резерваты – участки леса, адекватно отражающие генотипическую структуру их популяций, а также типичные по фитоценотическим, лесоводственным и лесорастительным показателям для данного природно-климатического региона.

5. Выделение и охрана некоторой части генофонда природных популяций лесных древесных растений (плюсовых насаждений, плюсовых и элитных деревьев) для нужд практической селекции и семеноводства не исключает отбор генетических резерватов.

6. В регионах с малой представленностью естественных насаждений или с реальной угрозой их утраты, а также при ограниченной способности местных и ценных интродукционных популяций или отдельных генотипов (форм) деревьев к естественному воспроизводству, сравнительно полное или частичное сохранение генофонда обеспечивается в специально создаваемых объектах генетических ресурсов.

7. В лесных генетических резерватах и других генресурсных объектах осуществляется режим хозяйствования, гарантирующий сохранение, воспроизводство, изучение и использование генофонда древесных растений.

Обоснование принципов сохранения и конкретные рекомендации по выделению генетических резерватов будут доложены на конференции.

## **THE BASIC PRINCIPLES OF SELECTION AND CONSERVATION OF GENE RESERVE FORESTS**

**Iroshnikov A.I.**, Kostrikin V.A.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*ilgis@lesgen.vrn.ru*

In 2005 a Regulation on the preservation of the gene pool of the forest tree species of Russia (hereafter – the Regulation) was developed by the Research Institute of Forest Genetics and Breeding (the author – A.I. Iroshnikov) and the Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences in Ekaterinburg in

cooperation with the experts of the Federal Agency for Forestry and the Russian Research and Development Institute for Forest Management Organisations and Environment Protection Assets. The fundamental changes in the management structure of Russian Forestry and the reforms implemented at that moment postponed its enactment but the need for legal regulation of the measures for conservation of forest genetic resources is still quite important.

The basic principles of the conservation of genetic resources are:

1. The gene pool of all forest-forming species on the Russian Federation territory is to be conserved including the acclimatized tree species with valuable characteristics. The conservation of gene pool of local (native) species is carried out without reference to their evolution and taxonomic status, their current economic value and whether or not the forest stands belong to a special protection category.

2. The protection of gene pool dendroflora is to be carried out in the furtherance of step-by-step implementation of federal and regional special-purpose programmes based on the comprehensive genetic resources inventory of the respective forest-forming species.

3. The state of the population gene pools, the prospects for their use and transformation determine the choice of optimal forms (categories) of the conservation of genetic resources. Protection of the forest-forming species gene pool with substantial representation of natural populations not disturbed by anthropogenic factors is to be ensured in their natural conditions (*in situ*) both on the Special Protected Natural Areas (mainly on the territory of state nature reserves) and in gene reserve forests (in regions where there are no Special Protected Natural Areas), which technically are the structural unit of the Special Protected Natural Areas themselves.

4. The main form of *in situ* conservation of woody plant gene pool should be the creation of gene reserve forests, which are the forest areas that reflect the genotypic structure of their populations along with being typical for a specific natural environment and climatic region by their silvicultural and phytocoenotic characteristics.

5. The selection and protection of a certain part of the natural populations of woody plant, such as plus stands, plus trees and elite trees, for the purposes of practical breeding and seed production does not rule out the selection of gene reserve forests.

6. In regions where there are few natural stands or they are in danger of extinction, as well as where the natural reproduction of valuable introduced populations is limited the conservation of gene pool should be ensured by specially created genetic resource units.

7. In gene reserve forests and other gene reserve units the management should guarantee the conservation, reproduction, research and use of woody plants gene pool.

The justification for the indicated principles and the specific recommendations for the selection of gene reserve forests will be presented at the conference.

## СЕЛЕКЦИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА F<sub>2</sub>

Исаков И.Ю., Трегубов О.В.

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия  
*isakov@vmail.ru*

Целью исследования было проведение мониторинга объектов Единого Генетико-Селекционного Комплекса – испытательных культур берез второго поколения, полученных при разных типах контролируемого опыления – межвидовом, внутривидовом, самоопылении, с целью выявления перспективных генотипов по признакам продуктивности и устойчивости к засухе в разных экологических условиях.

В настоящее время созданы и изучаются испытательные культуры березы разного генетического происхождения в трех географических точках Воронежской области: 1. Испытательные культуры F<sub>1</sub> – 298 квартал Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.И. Пескова – 1 565 деревьев (пробная площадь «Ступино»); 2. Испытательные культуры F<sub>2</sub> – в Семилукском лесопитомнике (Воронежская область, пробная площадь «Семилуки») – 3 080 деревьев; 3. Испытательные культуры F<sub>2</sub> – в окрестностях с. Князево (Воронежская область, пробная площадь «Князево») – 740 деревьев.

Опытные объекты расположены как в пределах высокой (правобережной) водораздельной среднерусской лесостепи (пробная площадь «Семилуки»), так и низменной надпойменно-террасовой ее части (пробные площади «Ступино», «Князево»).

Крупнозернистость и гетерогенность гранулометрического состава почв пробных площадей снижается в следующей последовательности: пробная площадь «Князево» (культуры березы) → «Ступино» (культуры березы) → «Семилуки» (культуры березы).

Почвенный покров пробных площадей «Ступино» представлен дерново-лесными песчаными почвами. Почвенный покров пробной площади «Князево» представлен дерново-лесными супесчаными темноцветными почвами. Почвенный покров пробной площади «Семилуки» представлен черноземом обыкновенным тяжело суглинистым.

Общая сохранность деревьев второго поколения на объекте «Семилуки» составила 1 108 деревьев, или 36%, на объекте «Князево» – 489 деревьев, или 66%. В докладе обсуждаются причины наблюдаемых изменений.

## SELECTION OF LOCAL TYPES OF BIRCH FOR DROUGH-RESISTANCE BY THE RESULTS OF THE RESEARCH OF SEEDEN F<sub>2</sub>

Isakov I.Y., Tregubov O.V.

G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia,  
*isakov@vmail.ru*

The purpose of the research was to monitor the facilities of the Unified Genetic-Selection Set – test-cultures of the second generation birch trees, obtained from different types of controlled pollination - interspecific, intraspecific, self-pollination, in order to identify promising genotypes on the basis of productivity and drought resistance in different environmental conditions.

At present, test cultures of birch of different genetic origin have been created and researched in three geographical locations of the Voronezh region: 1. Test cultures F<sub>1</sub> – 298 quarter of the Voronezh State Biosphere Nature Reserve – 1 565 trees (test area "Stupino"); 2. Test cultures F<sub>2</sub> – in the Semiluki forest nursery (Voronezh region, test area "Semiluki") – 3 080 trees; 3. Test cultures F<sub>2</sub> – in the vicinity of Knyazevo (Voronezh region, Knyazevo trial plot) – 740 trees.

Experimental facilities are located both within the high (right-bank) watershed of the Central Russian forest-steppe (the pilot area of Semiluki) and the lowland overland-terraced part of it (trial plots Stupino, Knyazevo).

Coarsegrainedness and heterogeneity of the soils granulometric composition of trial plots is reduced in the following sequence: the test area "Knyazevo" (birch cultures) → "Stupino" (birch cultures) → "Semiluki" (birch cultures).

The soil cover of trial plots "Stupino" is represented by turf-forest sandy soils. The soil cover of the trial plot "Knyazevo" is represented by soddy-forest sandy loamy dark-colored soils. The soil cover of the "Semiluki" trial plot is represented by ordinary chernozem heavily loamy.

The total safety of second-generation trees at the "Semiluki" facility was 1 108 trees, or 36%, at the Knyazevo facility – 489 trees, or 66%. The report discusses the causes of the observed changes.

## ВНУТРИВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ: ГЕНЕТИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭКОТИПОВ

Исаков Ю.Н.<sup>1</sup>, Мурая Л.С.<sup>2</sup>, Исаков И.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия  
*isakov@vmail.ru*

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, *gen.185@bio.vsu.ru*

<sup>3</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия

Выявленная сопряженность между вторичной перетяжкой (ВП) и ядрышковым организатором (ЯО) – локусом хромосомы, в котором происходит синтез рРНК и формирование рибосом, открывает уникальную возможность количественного определения экспрессии рибосомальных генов

с использованием цитологического индикатора – ВП в метафазных хромосомах на уровне светового микроскопа.

Целью работы является выявление и изучение уровня транскрипционной активности (УТА) ЯО районов хромосом, оцениваемой по частоте встречаемости и локализации ВП в двух разных экотопах – на суходоле и на болоте. Анализ матриц различий между 13 зонами «обобщенного плеча» ЯО хромосом по средней частоте ВП в этих экотопах выявил наличие двух фенотипов этого количественного признака. Один из них представляет группу деревьев, между которыми есть только достоверные различия, а в другом таких достоверных различий нет. В первом фенотипе – это проявление недетерминированной (эпигенетической), а во втором – детерминированной (генетической) составляющих генома.

Соотношение вклада генетического и эпигенетического наследования в общий УТА деревьев на суходоле и болоте составляют, соответственно, 1 : 1 и 1 : 3, т.е. в оптимальных условиях их вклад примерно одинаков, а в пессимальных доминирует эпигенетическая составляющая. Средняя частота ВП на суходоле равна 30%, на болоте 81,7%, достоверно, в 2,7 раза превышая показатель на суходоле.

С помощью многомерной ординации суммарной частоты встречаемости ВП, проведенной на основе «S-техники» факторного анализа линейного прироста в онтогенезе сосны обыкновенной на суходоле и болоте, установлена корреляция между динамикой роста в высоту материнских деревьев сосны обыкновенной в разных экологических условиях и общим количеством ВП в хромосомных наборах их семенного потомства при свободном опылении.

Ранее было установлено, что характер распределения ВП в семьях деревьев сосны обыкновенной, отличающихся уровнем самофертильности, неодинаков. В семьях самофертильных деревьев выявлена меньшая частота встречаемости ВП и их более локализованное (модальное) распределение в отличие от семей самостерильных и промежуточных по уровню самофертильности деревьев, которые имели большую частоту ВП и диффузное их распределение на плечах ЯО хромосом.

Впервые показана перспективность использования полиморфизма по уровню самофертильности и экспрессии рибосомальных генов при подборе родительских пар для гибридизации. Так, из 9 деревьев, отобранных в качестве ценных генотипов после проведения эколого-генетического мониторинга системы семенного размножения в испытательных культурах гибридов и полусибсов, 8 (88%) произошли в результате скрещивания с участием в качестве родителей самостерильных и промежуточных, по уровню самофертильности деревьев с высокой транскрипционной активностью хромосом.

В докладе будут представлены данные о вкладе в изучение проблемы внутривидовой дифференциации растений отечественных и зарубежных ученых, а также примеры эпигенетической изменчивости у древесных растений.

# INTRASPECIFIC DIFFERENTIATION OF SCOTS PINE: GENETIC AND ECOLOGICAL-GENETIC DIVERSITY OF ECOTYPES

Isakov Yu.N.<sup>1</sup>, Muraya L.S.<sup>2</sup>, Isakov I.Yu.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*isakov@vmail.ru*

<sup>2</sup>Voronezh State University, Voronezh, Russia, *gen.185@bio.vsu.ru*

<sup>3</sup>G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia,

The revealed correlation between the secondary constriction and nucleolar organizer – a chromosomal locus where ribosomal rRNAs are synthesized and ribosomes are formed – provides a unique possibility to quantify the expression of ribosomal genes using a cytological indicator – a secondary constriction in metaphase chromosomes – at scale of the light microscope.

The aim of this work is to identify and examine the level of transcriptional activity of nucleolar organizer of chromosome regions, measured by the frequency of occurrence and localization of secondary constriction in two different ecotopes – on dry land and in the swamp. The analysis of the difference matrices between the 13 areas of "generalized chromosome arm" of nucleolar organizers of chromosomes, performed using an average frequency of secondary constriction in these ecotopes, revealed the presence of two phenes of this quantitative character. One of them is a group of trees where there are only significant differences, in the other there aren't such differences. In the first one it was the non-deterministic (epigenetic) genome component that manifested itself, while in the other one it was the deterministic (genetic) genome component.

The contribution of genetic and epigenetic inheritance in total level of transcriptional activity of trees on dry land and in the swamp is 1 : 1 and 1 : 3 respectively, i.e. in optimal conditions they are approximately equal while in pessimal conditions the epigenetic component dominates. The statistically significant average frequency of secondary constriction is 30% on dry land and 81.7% in the swamp which is 2.7 times higher.

Using multidimensional ordination of the summary frequency of occurrence of secondary constriction, performed on the basis of the S-technique factor analysis of linear growth in Scots pine ontogenesis on dry land and in the swamp, there was a correlation revealed between height growth of Scots pine mother trees in different environmental conditions and the total number of secondary constriction in the chromosome sets of their seed progeny obtained through open pollination.

Previously, it was established that the distribution pattern of secondary constriction in the Scots pine tree families with different levels of self-fertility is different. In self-fertile tree families the frequency of occurrence of secondary constrictions was lower and their distribution was more localized (modal) while in the self-sterile and intermediate ones the frequency of occurrence of secondary constrictions was higher and their distribution on the chromosome arms of nucleolar organizers of chromosomes was diffuse.

It is first shown that the use of level of self-fertility and expression of ribosomal genes polymorphism is promising for selection of parental combinations

for hybridization. Thus 8 of 9 (88%) trees selected as valuable genotypes after ecological and genetic monitoring of the seed reproduction system conducted on hybrids and half-sibs test plantations were obtained through breeding of self-sterile and intermediate parental trees with high transcriptional activity of chromosomes.

The report presents the data on the contribution made by Russian and foreign scientists to the study of intraspecific differentiation of plants as well as the examples of epigenetic variation in woody plants.

## **ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОТЫ СТВОЛА У *PINUS SYLVESTRIS***

Камалов Р.М.

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии,  
Воронеж, Россия, *kamalov.r.m12@gmail.com*

Для повышения эффективности лесного семеноводства и мероприятий по сохранению биоразнообразия основных лесообразующих видов необходимо иметь объективную оценку генетико-экологических параметров испытательных культур и естественных популяций. Среди них наиболее важным является коэффициент аддитивной генетической вариации ( $C_a$ ). Этот показатель имеет одинаковый смысл для потомств разного типа, семенного и вегетативного, что увеличивает экспериментальную базу для его оценки. Так как по данным одного объекта лесного семеноводства обычно не удается получить достаточно точные оценки генетико-статистических параметров и эффектов для количественных хозяйственно ценных признаков, нами была разработана методика проведения метаанализа серий объектов.

Исследования отдельных объектов объединялись в серии по типу потомства (семенному или вегетативному) и возрасту культур на момент проведения биометрии. Всего в метаанализ включены данные испытания 575 семенных и вегетативных потомств плюсовых и случайно отобранных деревьев сосны обыкновенной. Поскольку в исследованных испытательных культурах эффект отбора материнских плюсовых деревьев по высоте ствола был не существенен, полученные оценки можно распространить на исходные популяции.

Коэффициент аддитивной генетической вариации для полусибсовых семей принимался равным удвоенной величине коэффициента межсемейной генетической вариации, для клонов – равным межклоновой генетической вариации. Обобщенная оценка генетической изменчивости вычислялась как корень квадратный из взвешенной средней оценки генетической дисперсии отдельных популяций, причем отрицательные оценки дисперсии включались в расчет. Исключение отрицательных оценок факторной (генетической) дисперсии или приравнивание их к нулю, как это рекомендуется, например, в статистическом пакете «СТАТИСТИКА 6», приводит к значительному завышению интегрированной оценки.



В результате проведенного метаанализа выявлена возрастная динамика обобщенных оценок коэффициента аддитивной генетической вариации по высоте ствола: у семенного потомства в возрасте культур 9-11 лет – 8,5%; 15-16 лет – 6,5%; 38 лет – 0,2%; 65 лет – 2,8%; у вегетативного потомства в возрасте 9-11 лет – 8,3%; 28 лет – 6,2%. Полученные оценки коэффициента аддитивной генетической изменчивости у потомств разного типа (семенного и вегетативного) в 1-ом классе возраста близки между собой. Наблюдается значительное снижение этого показателя с увеличением возраста испытательных культур. Необходимо отметить, что надежность оценок для испытательных культур 1-го класса возраста значительно больше, чем для 2-го и 4-го класса возраста, так как опирается на данные испытания большего числа семей, соответственно – 489; 44; 42 семьи.

Полная реализация всех преимуществ метаанализа требует согласованной совместной работы многих исследователей. В настоящее время нами обобщена информация только по пятой части семейственных испытательных культур сосны обыкновенной в России. Для получения сравнимых результатов и возможности обобщения данных о генетико-экологических параметрах основных лесообразователей необходима разработка, адаптация и внедрение унифицированных методик статистического анализа испытательных культур, чтобы результаты отдельных исследований было возможно использовать для проведения метаанализа.

## **AGE TRENDS IN GENETIC PARAMETERS OF HEIGHT GROWTH OF STEM IN *PINUS SYLVESTRIS***

Kamalov R.M.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*kamalov.r.m12@gmail.com*

In order to increase the efficiency of forest seed production and measures to conserve the biodiversity of the main forest-forming species, it is necessary to have an objective assessment of the genetic and ecological parameters of test crops and natural populations. Among them, the most important is the coefficient of additive genetic variation. This indicator has the same meaning for progeny of different types, seed offspring and vegetative, which increases the experimental base for its evaluation. It is not possible to obtain sufficiently accurate estimates of genetic-statistical parameters and effects for quantitative economically valuable traits with the data of a single object of forest seed production, so we developed a methodology for conducting a meta-analysis of series of objects.

Investigations of individual objects were combined in a series according to the type of progeny (seed or vegetative) and age of cultures at the time of biometrics. A total of 575 open pollinated families and vegetative progenies of plus and randomly selected pine trees are included in the meta-analysis. The results of meta-analysis showed the presence of age dynamics of the generalized estimates of the additive genetic coefficients of tree stem height variability: 9-11 years old – 8.5%; 15-16

years – 6.5%; 38 years old – 0.2%; 65 years old – 2.8%. For clones: 9-11 years old – 8.3%; 28 years old – 6.2%. Thus there is a decrease in this parameter with an increase in the age of the tested cultures. Since in the tested test cultures the effect of selection of the parent plus trees on the height of the stem was not significant, the obtained estimates can be extended to the initial populations.

We have summarized the information only for the fifth part of the family test cultures of Scots pine in Russia. The full realization of all the benefits of meta-analysis requires the concerted work of many researchers. In order to obtain comparable results and the possibility of generalizing data on the genetic and ecological parameters of the main foresters, it is necessary to develop, adapt and implement standardized methods for the statistical analysis of test crops, so that the results of individual studies can be used to conduct a meta-analysis.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЦЧР РФ ПО ИЗОФЕРМЕНТНЫМ МАРКЁРАМ

Камалова И.И.<sup>1</sup>, Ивановская С.И.<sup>2</sup>, Беспаленко О.Н.<sup>3</sup>, Клушевская Е.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии,

Воронеж, Россия, *katairi@yandex.ru*

<sup>2</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

<sup>3</sup>Воронежский государственный университет им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия

Поведен изоферментный анализ вегетативных тканей (почки) более 100 плюсовых и нормально лучших деревьев сосны обыкновенной из разных областей ЦЧР России, произрастающих на клоновом архиве и в естественном насаждении Тамбовской области. На основе многолокусных генотипов на архиве клонов выявлены раметы одноимённых клонов и уточнена схема клонового архива для последующего его использования в качестве маточного при закладке архива клонов второго порядка. По результатам генотипирования была сформирована выборка из 75 деревьев сосны обыкновенной с уникальными многолокусными генотипами и вычислены основные генетические параметры.

В изоферментный анализ были включены 19 генных локусов 10 ферментных систем. Три локуса были моноформными – Mdh-2, Dia-2 и Pgm-2. Наибольшим генотипическим разнообразием отличался локус аспаратаминотрансферазы (Aat-2) с восемью вариантами генотипов, а также локусы Fe и Adh-2, представленные пятью вариантами генотипов каждый. У остальных локусов выявлено от двух до четырёх генотипических вариантов. Всего у 19 локусов обнаружено 44 аллельных варианта. Наибольший полиморфизм отмечен у Aat-2 – 5 аллелей, у остальных 15 ген-ферментных полиморфных локусов имелось по 2-3 аллеля. Доля редких аллельных вариантов (на основе 5%-ного критерия) составляет 30%. Средняя наблюдаемая гетерозиготность полиморфных локусов ( $H_o$ ) равна 0,245, средняя ожидаемая гетерозиготность ( $H_e$ ) – 0,270, среднее эффективное число аллелей на локус ( $n_e$ ) равно 1,45. Показатель полиморфности  $P_{95} = 68\%$ ,  $P_{99} = 79\%$ .

На клоновом архиве у группы деревьев, сформированной В.А. Кострикиным по показателям продуктивности, выявлена повышенная по сравнению с естественными насаждениями сосны частота генотипов, гомозиготных по быстрому аллелю локуса глутаматдегидрогеназы (Gdh). Если в пяти естественных популяциях сосны обыкновенной: Острогожск, Усманский и Хреновской островные боры (Воронежская обл.), Моршанск (Тамбовская обл.), Красноярский р-н (Самарская обл.) частота таких генотипов варьирует от 0 до 10%, то в указанной группе их доля составляет 21%.

Как нами было показано ранее, аллель локуса Gdh, кодирующий наиболее подвижный аллозим у сосны обыкновенной, является эмбриональным полуплеталем. По теории В.А. Струнникова такие генные варианты в гомозиготном состоянии способны формировать комплексы генов повышенной жизнеспособности. Особи, с таким генотипом обладающие высоким адаптивным потенциалом, могут в благоприятных условиях проявлять высокие показатели хозяйственно важных признаков продуктивности. Что делает их перспективными для селекционных разработок.

## **GENETIC VARIABILITY OF SCOTS PINE IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION ON ISOZYME MARKERS**

Kamalova I.I.<sup>1</sup>, Ivanovskaya S.I.<sup>2</sup>, Bepalenko O.N.<sup>3</sup>, Klushevskaya E.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia, [kamairi@yandex.ru](mailto:kamairi@yandex.ru)

<sup>2</sup>Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

<sup>3</sup>G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

The isozyme analysis of vegetative tissues (buds) has been conducted in more than 100 plus and normally the best trees of *Pinus sylvestris* from different regions of the Central Chernozem Region of Russia, growing on the clone archive and in the natural stand of the Tambov region. Scheme of the clone archive has been updated, and ramets identified. Based on the results of genotyping, a sample of 75 pine trees with unique multi-locus genotypes was formed and the main genetic parameters were calculated.

The 19 gene loci of 10 enzyme systems were included in the analysis. Three loci were monomorphic: Mdh-2, Dia-2 and Pgm-2. The locus of aspartate aminotransferase (Aat-2) was the greatest genotypic variety, it was represented by eight variants of genotypes, and the loci of Fe and Adh-2 were represented by five variants of genotypes. The other loci revealed two to four genotypic variants. There are 44 allelic variants in all. The greatest polymorphism was noted in the Aat-2 – 5 alleles, the other polymorphic loci had 2-3 alleles each. The percentage of rare allelic variants (based on the 5% criterion) is 30%. The average observed heterozygosity of polymorphic loci ( $H_o$ ) is 0.245, the average expected

heterozygosity ( $H_e$ ) is 0.270, and the average effective number of alleles per locus ( $n_e$ ) is 1.45. The polymorphism index  $P_{95} = 68\%$ ,  $P_{99} = 79\%$ .

There is an increasing proportion of homozygous genotypes Gdh-1<sup>1</sup>/Gdh-1<sup>1</sup> in the sample of trees with higher productivity (the group of trees was formed by V.A. Kostrikin), frequency of this genotype equals 0.21%. In the natural stands of the pine its proportion varies from 0 to 10% (stands of Voronezh, Tambov, Samara regions).

As we have shown previously, the allele of the Gdh locus, encoding the most mobile allozyme, is an embryonic semi-lethal gene. According to the theory of V.A. Strunnikov, such gene variants in the homozygous state are capable of forming complex of genes more vitality. Individuals with such a genotype can have a high adaptive potential, and, can show high rates of economically important signs of productivity under favorable conditions. It makes them promising for breeding research.

## **СПОНТАННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ *POPULUS NIGRA* L. И *P. X SIBIRICA* G. KRYLOV EX SKVORTSOV В ГОРОДЕ НОВОКУЗНЕЦКЕ**

**Климов А.В.<sup>1</sup>, Прошкин Б.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,  
Новокузнецк, Россия, [populus0709@mail.ru](mailto:populus0709@mail.ru)

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия  
[boris.vladimirovich.93@mail.ru](mailto:boris.vladimirovich.93@mail.ru)

Широкое распространение в культуре адвентивных видов рода *Populus* и многочисленных культиваров гибридного происхождения, особенно в городских районах, приводит к их контакту с популяциями местных видов, обеспечивая тем самым возможности проникновения экзотических генов в природные генофонды. В г. Новокузнецке *P. × sibirica* активно использовался при создании скверов, парков, озеленении жилых кварталов и заводских территории в 40-70-х гг. XX столетия. В Сибири данный культивар обычно известен под названием *P. balsamifera*, однако как показали проведенные авторами исследования, от последнего он хорошо отличается ребристыми на 2/3 длины удлинёнными побегами и наличием наряду с 2-створчатыми еще и 3-створчатых плодов коробочек. У всех изученных нами в пределах г. Новокузнецка и его окрестностях деревьев в кроне также имелись хорошо развитые дискобласты (брахибласты). Выраженность желобка на черешках листьев сильно варьировала. Проблема происхождения *P. × sibirica* остается нерешенной.

При создании ряда искусственных зеленых насаждений в г. Новокузнецке посадка *P. × sibirica* осуществлялось в пойме реки Томи, что привело к его проникновению в естественные экосистемы (путем разноса семян) и контакту с популяциями аборигенных видов тополя. В районе города наиболее распространенным является *P. nigra*, единично отмечены *P. laurifolia* Leded., *P. alba* L., *P. × canescens* (Ait.) Smith., а на антропогенно нарушенных участках

встречается *P. × jrtyschensis* Ch.Y. Yang естественный гибрид осокоря и тополя лавролистного.

Анализ морфологических признаков показывает, что изученные гибриды уклоняются в сторону *P. × sibirica*, с черным тополем они схожи по форме листовой пластинки и ее верхушке, последняя очень часто оттянутая. При этом наиболее важным признаком для идентификации гибридов на наш взгляд является дифференциация побегов кроны, т.е. при внешней схожести листовой пластинки с *P. nigra* у них всегда выражены дискобласты. У большинства изученных гибридов, как и у *P. × sibirica* в месте соединения листовой пластинки с черешком наблюдались одна или две округлые железки, на верхней части черешка выражен желобок, эти признаки также можно рассматривать как ценные при выявлении гибридов.

Ситуация с прогнозированием интрогрессии экзотических генов в популяции местных видов тополя в пойме реки Томи, осложняется наличием здесь своей природной зоны гибридизации между *P. nigra* и *P. laurifolia*. *P. × jrtyschensis* также часто встречается на нарушенных участках, в том числе и тех, где были обнаружены гибриды *P. nigra × P. × sibirica*. Учитывая, что пред- и постзиготические репродуктивные барьеры у видов тополя, а тем более гибридов изучены не достаточно, трудно прогнозировать к чему это может привести. Сложность вопросов связанных с последствиями выявленной антропогенной гибридизации требует дополнительных исследований.

## **SPONTANEOUS HYBRIDIZATION OF *POPULUS NIGRA* L. AND *P. X SIBIRICA* G. KRYLOV EX SKVORTSOV IN THE CITY OF NOVOKUZNETSK**

Klimov A.V.<sup>1</sup>, Proshkin B.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Novokuznetsk Institute (Branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Russia  
*populus0709@mail.ru*

<sup>2</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia, *boris.vladimirovich.93@mail.ru*

The wide spread in the culture of adventitious species of the genus *Populus* and numerous cultivars of hybrid origin, especially in urban areas, leads to their contact with populations of native species, thus providing opportunities for the penetration of exotic genes into natural gene pools. In Novokuznetsk, *P. × sibirica* was actively used in the creation of public gardens, parks, greening residential areas and factory areas in the 40-70's XX century. In Siberia, this cultivar is commonly known as *P. balsamifera*, however, as shown by the authors of the study, from the latter it is well distinguished by ribs of 2/3 of length elongated shoots and the presence of 2-folded 3-folded fruit of the capsules. All the trees that we studied within Novokuznetsk and its environs also had well-developed discoblasts (brachyblasts) in the crown. The expression of the groove on the petioles of the leaves varied greatly. The problem of the origin of *P. × sibirica* remains unsolved.

When a number of artificial green plantations were created in Novokuznetsk, *P. × sibirica* planted in the floodplain of the Tom River, which led to its penetration

into natural ecosystems (by seed separation) and to contact with populations of native poplar species. In the area of the city, *P. nigra* is the most common, *P. laurifolia* Ledeb., *P. alba* L., *P. × canescens* (Ait.) Smith. are singly noted, and *P. × jrtyschensis* Ch.Y. Yang (natural hybrid of the locust and poplar laurel) is found in anthropogenically disturbed areas.

Analysis of morphological features shows that the studied hybrids evade toward *P. × sibirica*, with a black poplar they are similar in shape to the leaf blade and its apex, the latter very often drawn. In our opinion, the most important feature for identification of hybrids is the differentiation of crown shoots, i.e. with an external similarity of the leaf blade with *P. nigra* they always have discoblasts. Most of the hybrids studied, like the *P. × sibirica*, had one or two rounded glands together, and a groove on the upper part of the petiole, which also can be regarded as valuable when detecting hybrids.

The situation with prediction of introgression of exotic genes in the population of local poplar species in the floodplain of the Tom River is complicated by the presence here of its natural hybridization zone between *P. nigra* and *P. laurifolia*. *P. × jrtyschensis* also occurs frequently in disturbed areas, including those where *P. nigra × P. × sibirica* hybrids were found. Given that pre- and postzygotic reproductive barriers in poplar species, and even more so hybrids have not been studied enough, it is difficult to predict what it can lead to. The complexity of issues related to the consequences of the identified anthropogenic hybridization requires additional studies.

## **ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ БИОМЕТРИИ**

Ковалевич А.И., Кончиц А.П., Фомин Е.А.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [forinstanb@gmail.com](mailto:forinstanb@gmail.com)

Селекционные работы предполагают большой объем биометрических работ, требующих значительных материальных и временных затрат. Измерения, проводимые с участием человека субъективны, зачастую содержат значительную погрешность. Описание формы, окраски, текстуры носят качественный характер. Ввиду этого для автоматизации решения данных задач целесообразна разработка и использование системы, основанной на анализе цифровых изображений.

Принцип работы системы состоит в следующем: на первом этапе подготавливаются измеряемые образцы: метамерные органы сосны обыкновенной (хвоя, шишки семена), приростные керны, и проводится получение их цифровых изображений с использованием фотоаппарата, сканера, микроскопа. Далее осуществляется алгоритмический анализ полученных цифровых изображений и распознавание входящих в него целевых объектов. На заключительном этапе проводится количественное описание признаков измеряемых образцов.

Для каждого объекта вычисляются такие морфологические и фотометрические показатели как площадь, периметр, максимальные и минимальные размеры, округлость, компактность, форм-фактор, эквивалентный диаметр, максимальная длина. Все параметры вычисляются с учетом размерных факторов. Фенотипические признаки, связанные с окраской различных органов сосны обыкновенной, обладают значительной внутривидовой изменчивостью. Зачастую они носят устойчивый, генетически обусловленный характер. Эти признаки широко используются при классификации растений, а также при проведении генетико-селекционных работ. Для их количественного описания предложены методы, основанные на компьютерном описании окраски и текстуры.

Используются различные виды геометрической и яркостной фильтрации и коррекции изображений целевых объектов. Результат работы программы сохраняется в виде, пригодном для использования стандартными средствами анализа табличных данных типа Excel.

Для селекции высокосмолопродуктивных форм сосны обыкновенной был использован программно-технологический комплекс компьютерной биометрии. Установлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи плотности кернов и доли поздней древесины с уровнем смолопродуктивности сосны обыкновенной.

## **ESTIMATION OF PHENOTYPIC CHARACTERS OF *PINUS SYLVESTRIS* BASED ON COMPUTER BIOMETRY**

Kovalevich A.I, Konchits A.P., Fomin E.A.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*forinstnanb@gmail.com*

Breeding work involves a large amount of biometric work, which requires significant material and time costs. Measurements conducted with human participation are subjective, often contain a significant error. Description of the form, color, texture is of a qualitative nature. In view of this, the development and use of a system based on the analysis of digital images is expedient for automating the solution of these problems.

The principle of the system consists in the following: in the first stage, the measured samples are metamerical organs of *Pinus sylvestris* (needles, cones, seeds), incremental cores and digital images are obtained using a camera, scanner, microscope. Further, it performs algorithmic analysis of the received digital images and recognition of the target objects included in it. At the final stage, a quantitative description of the characteristics of the measured samples is carried out.

For each object, such morphological and photometric indices as area, perimeter, maximum and minimum dimensions, roundness, compactness, form factor, equivalent diameter, and maximum length are calculated. All parameters are calculated taking into account size factors. Phenotypic signs associated with the coloration of various organs of *Pinus sylvestris* have a significant intraspecific

variability. Often they are of a stable, genetically determined nature. These signs are widely used in the classification of plants, as well as in genetic selection work. For their quantitative description, methods based on a computer description of color and texture is proposed.

Various types of geometric and luminous filtering and image correction of target objects are used. The output of the program is saved in a form suitable for use by standard Excel table data analysis tools.

For the selection of highly resinous forms of *Pinus sylvestris*, the software of computer biometrics was used. Statistically significant correlation correlations between the core density and the proportion of latewood with the level of resin productivity of *Pinus sylvestris* were established.

## **СВЯЗЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С УРОВНЕМ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Ковалевич А.И., Кончиц А.П., Фомин Е.А.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [forinstnanb@gmail.com](mailto:forinstnanb@gmail.com)

Основным видом лесной продукции является древесина. Однако в связи с общей тенденцией многоцелевого и комплексного использования лесных богатств неуклонно возрастает роль и значение недревесной продукции. Особенно это относится к воспроизводимым ресурсам прижизненного использования леса, позволяющим наряду с древесиной получать ценное техническое, пищевое и лекарственное сырье.

В связи с интенсивной вырубкой насаждений сырьевая база подсоски значительно сократилась. Для преодоления неблагоприятной ситуации на добыче живицы необходимо создание искусственной лесосырьевой базы для добычи живицы путем использования наиболее смолопродуктивных форм сосны.

Предложен малоинвазивный метод экспресс диагностики уровня смолопродуктивности фенотипов сосны обыкновенной. Проведена оценка внутривидовой изменчивости уровня смолопродуктивности сосны обыкновенной с использованием предложенного метода. Изучена статистическая зависимость смолопродуктивности сосны обыкновенной и фенотипических данных, полученных на основе комплексного описания лесоводственно-таксационных, фенотипических и дендрологических (оценка доли поздней древесины) характеристик фенотипов сосны обыкновенной.

На основе методов компьютерной биометрии проведена оценка морфометрических характеристик хвои сосны обыкновенной и выявлены статистические взаимосвязи этих признаков с уровнем смолопродуктивности. Коэффициент корреляции смолопродуктивности с длиной хвои равен 0,23, с шириной хвои – 0,21, с площадью сечения хвои – 0,28.

Предложен и программно реализован основанный на анализе изображений приростных кернов метод оценки доли поздней древесины сосны обыкновенной. Установлены статистически значимые корреляционные



взаимосвязи плотности кернов и доли поздней древесины с уровнем смолопродуктивности сосны обыкновенной. Коэффициент корреляции смолопродуктивности с долей поздней древесины равен 0,43, с плотностью древесины – 0,30.

В результате комплексной селекционно-генетической оценки отобраны 20 фенотипов для создания объектов постоянной лесосеменной базы высокосмолопродуктивных форм сосны обыкновенной.

## **THE CORRELATION OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS WITH RESIN PRODUCTIVITY OF *PINUS SYLVESTRIS***

Kovalevich A.I., Konchits A.P., Fomin E.A.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*forinstnanb@gmail.com*

The main type of forest products is wood. However, in connection with the general trend of multi-purpose and integrated use of forest resources, the role and importance of non-timber products is steadily increasing. This particularly applies to reproducible resources of the lifetime use of forests, which, along with wood, can receive valuable technical, food and medicinal raw materials.

Because of the intensive logging of plantations, the raw material base of the of pine resin production has significantly decreased. To overcome the unfavorable situation on the production of gum, it is necessary to create an artificial forest resource base for the production of resin by using the most resinous forms of pine.

A minimally invasive method for express diagnostics of the level of resin productivity of phenotypes of *Pinus sylvestris* has been developed. An estimation of intraspecific variability in the level of resin productivity of Scots pine was carried out using the proposed method. The statistical dependence of resin productivity of *Pinus sylvestris* and phenotypic data obtained on the basis of the complex description of silvicultural, phenotypic and dendrological (estimation latewood proportion) characteristics of pine phenotypes was studied.

Based on the methods of computer biometrics, the morphometric characteristics of pine needles were assessed and the statistical relationship between these characteristics and the level of resin productivity was revealed. Coefficient of correlation of resin productivity with needle length is 0.23, with needle width 0.21, with needle section area 0.28.

The method of estimating the share of late wood based on the analysis of images of incremental cores is proposed and programmed. Statistically significant correlations between the wood density and the proportion of latewood with the level of resin productivity of Scots pine were established. The correlation coefficient of resin productivity with latewood proportion is 0.43, with a density of wood – 0.30.

As a result of a complex selection-genetic estimation, 20 phenotypes were selected for creating objects of seed-forest base of highly resinous forms of *Pinus sylvestris*.

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ПЛАНТАЦИОННЫХ КУЛЬТУР ОСИНЫ В БЕЛАРУСИ

Кодун-Иванова М.А., Волович П.И.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [kodunivanova.les@gmail.com](mailto:kodunivanova.les@gmail.com)

Плантационное лесовыращивание имеет огромное значение в лесном хозяйстве разных стран мира, т.к. специализированные плантации получают множество преимуществ по сравнению с многоцелевыми лесами искусственного и естественного происхождения. Лесные культуры из микроклональных растений наиболее перспективны, т.к. обладают весомым потенциалом, обеспечивающим единообразие роста и в дальнейшем – облегченные уходы за отобранными клонами. Лесные насаждения и плантации осины экономически значимы для лесной и целлюлозно-бумажной промышленности. Например, бумага, изготовленная из осины *Populus tremula* (L.), характеризуется высоким качеством, крепостью и белизной, а добавление осинового опила или щепы при производстве древесных плит увеличивает их прочностные свойства. Именно поэтому в некоторых штатах США и Канаде осина является основной коммерческой породой. Одно из отрицательных качеств осины как древесной породы, это ее неустойчивость к фитопатогенам, основным из которых является возбудитель сердцевинной гнили. Устойчивость осины к гнилям изучалась многими учеными и было установлено, что наиболее устойчивой является зеленокорая форма, произрастающая в елово-снытевых и елово-кисличных типах леса. Деревья этой формы сбрасывает листву позже других деревьев, наиболее устойчивы к заболеванию грибом *Fomes ignarius* (L.) и являются быстрорастущими. Высокая устойчивость к гнилям была выявлена также у триплоидных исполинских форм осины. Однако наиболее перспективным в этом направлении является гибрид триплоидной и зеленокорой осины *P. tremula* × *P. tremuloides*. В коллекции Института леса НАН Беларуси хранится генофонд клонов осины, в том числе клона V22 белорусской селекции. Материнское дерево – диплоид – относится к зеленокорой форме осины, отличается быстротой роста. Триплоидный клон осины из коллекции передан в порядке обмена латвийским институтом лесного хозяйства «Silava». Материнское дерево отобрано из насаждения, дающего в 12-летнем возрасте до 230 м<sup>3</sup>/га древесины.

Несмотря на то, что оценка разных клонов показала перспективу клона белорусской селекции V22 для лесорастительных условий страны, его устойчивость к фитопатогенам не доказана экспериментальным путем. Селекционный отбор плюсовых и элитных деревьев осины с направленной последующей гибридизацией в лабораторных условиях могли бы решить проблему разнообразия клонов. Массовое выращивание посадочного материала методом микроклонального размножения позволит создать опытно-производственные плантации осины для последующего отбора наиболее перспективных и продуктивных клонов.

Целлюлозно-бумажная промышленность Беларуси нуждается в быстрорастущих плантационных культурах как осины, так и березы. Представители концерна «Беллесбумпром» заинтересованы в создании плантационных культур, которые могут в короткие сроки (8-10 лет) достичь требуемой технической спелости и получать сортимент в виде баланса с диаметром в верхнем отрезе 8 см, обладающие ценными техническими свойствами. Древесина из лиственных пород (березы – 80%, осины – 20%) в основном используется для производства картона, а производственная мощность переработки балансов на картон предприятиями концерна составляет 427 тыс. м<sup>3</sup>/год. Для обеспечения в перспективе целлюлозно-бумажных предприятий Беларуси высококачественным сырьем из мягколиственных древесных пород, необходимо активизировать селекционные работы по отбору триплоидной осины с целью контролируемой гибридизации ее с зеленокорой осинкой нескольких форм, а также с тополями разных видов для массового выращивания полученных гибридов.

## **PROSPECTS AND PROBLEMS OF CREATION OF THE ASPEN PLANTATION CULTURES IN BELARUS**

Kodun-Ivanova M.A., Volovich P.I.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*kodunivanova.les@gmail.com*

Plantation forest growing has a huge value in forestry of different countries of the world since specialized plantations get a set of advantages in comparison with the multi-purpose forests of artificial and natural origin. Forest cultures from microclonal plants are the most perspective since they have a powerful potential which provides uniformity of growth and further – the facilitated care after the selected clones. Forest plantations of the aspen are economically significant for forest and pulp and paper industry. For example, the paper made from the aspen *Populus tremula* (L.) is characterized by high quality, solidity and whiteness, and addition of the aspen saw or spill while production of wood plates increases their strength properties. For this reason in some states of the USA and Canada the aspen is the main commercial breed. One of negative qualities of the aspen as a wood breed, is its instability to phytopathogens, one of the main is the activator of a core decay. Resistance of the aspen to decay was studied by scientists and it was found out that the most resistant is the green bark form which grows in glague fir-tree and oxalis fir-tree forest types. Trees of this form drop leaves later than the other trees, are most resistant against a disease of *Fomes igniarius* (L.) fungi and are also fast-growing. High resistance to decay was also found in at the triploid giant forms of the aspen. However the most perspective in this direction is the hybrid of the triploid and green bark aspen of *P. tremula* × *P. tremuloides*. The gene pool of clones of the aspen, including clone V22 of belorussian selection is stored in the collection of the Institute of Forest. The maternal tree – a diploid – belongs to the green bark form of the aspen, differs in speed of growth. Triploid clone of the aspen is transferred to the

collection in an order of exchange by the forestry of "Silava" of the Latvian Institute. The maternal tree is selected from the plantation which gives up to 230 m<sup>3</sup>/hectare of wood at 12-year age.

In spite of the fact that assessment of different clones has shown prospect of a clone of Belarussian selection of V22 for forest vegetation conditions of the country, its resistance to phytopathogens isn't proved experimentally. Selection of plus and elite trees of the aspen *in vitro* could solve a problem of a variety of clones with the directed subsequent hybridization. Mass cultivation of planting material by the method of microclonal reproduction will allow creating experimental and production plantations of the aspen for the subsequent selection of the most perspective and productive clones.

Pulp and paper industry of Belarus needs fast-growing plantation cultures like the aspen and the birch. Representatives of the "Bellesbumprom" trust are interested in creation of plantation cultures which can reach the required technical ripeness in short terms (8-10 years) and receive assortment in the form of balance with a diameter in the top cut of 8 cm, having valuable technical properties. Wood from deciduous breeds (birch – 80%, aspen – 20%) is generally used for production of cardboard, and the production capacity of processing of balances on cardboard by the enterprises of the trust is 427 thousand m<sup>3</sup>/year. For providing in the long term the pulp-and-paper enterprises of Belarus with high-quality raw materials from soft-leaved wood breeds, it is necessary to speed up selection works on selection of the triploid aspen for the purpose of its controlled hybridization with the green bark aspen of several forms as well as with poplars of different types for mass cultivation of the received hybrids.

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГИБРИДОВ БЕРЕЗЫ НА ОСНОВЕ МИКРОСАТЕЛЛИТНОЙ ДНК**

Кондратьева А.М., Ржевский С.Г., Федулова Т.П.

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия  
*slavaosin@yandex.ru*

В настоящее время сохраняется актуальность исследований различных пород лесных древесных растений на молекулярно-генетическом уровне. Широкое распространение получили маркерные системы, основанные на вариабельности микросателлитных участков ДНК. Микросателлиты (SSR – simple sequence repeats) представляют собой тандемные повторы простых последовательностей в структуре ДНК, источник полиморфизма которых – сайт-специфическое варьирование длины повтора.

Одним из наиболее перспективных объектов исследований в лесном хозяйстве являются представители рода *Betula* L. Среди них особое место занимают межвидовые гибриды и полиплоидные экземпляры.

Целью данной работы являлось изучение полиморфизма микросателлитных локусов генотипов гибридов берёзы пушистой и повислой

(*Betula pendula* Roth. × *Betula pubescens* Ehrh.) для выявления возможности определения триплоидов.

Объектами исследования служили экземпляры гибридных берез возрастом 33 года, произрастающие на территории Воронежского государственного биосферного заповедника. Материал был предоставлен д.б.н. Ю.И. Исаковым. Выделение суммарной ДНК из листьев осуществлялось модифицированным СТАВ-методом. Для исследования были выбраны SSR-локусы: L1.10, L2.3, L3.1, L3.4, L4.4, L5.4, L7.1a, L7.3, L7.4, L13.1, L021 и Во.F394, рекомендованные в зарубежной литературе, как наиболее полиморфные.

Полимеразная цепная реакция проводилась с реактивами из набора «GenPakPCRCore» (компания «Изоген», Российская Федерация). Для данного набора были оптимизированы температуры отжига праймеров исследуемых локусов: L3.1, L7.4, L021 – 59 °С, Во.F394 – 48 °С, для остальных – 55 °С. Использовалась следующая программа проведения ПЦР: 1) Предварительная денатурация при 94 °С; 2) 35 циклов: денатурация – 30 секунд при 94 °С, отжиг праймера – 40 секунд, элонгация – 20 секунд при 72 °С; 3) Финальная элонгация при 72 °С. Продукты амплификации разделялись и детектировались с помощью электрофореза в 3% агарозном геле. По результатам проведенного ПЦР-анализа гибридов березы пушистой и повислой по 12-и SSR-маркерам установлено, что наибольшим количеством аллелей и полиморфизмом (100%) характеризуются следующие локусы: L1.10, L3.1, L3.4, L7.4 и Во.F394. В локусе L1.10 обнаружено 4 ДНК-ампликона, размах варьирования длин составляет от 180 п.н. до 210 п.н. В локусе L3.4 среди 4 ампликонов размах длины фрагментов варьирует от 160 п.н. до 190 п.н. Локусы L3.1, L7.4 и Во.F394 насчитывают по 3 ПЦР-продукта с варьированием длин от 210 п.н. до 240 п.н., от 220 п.н. до 310 п.н. и от 125 п.н. до 150 п.н. соответственно.

Локусы L1.10 и L3.4 показали триплоидную природу нескольких образцов гибридов, что демонстрирует возможность их использования для выявления триплоидов гибридных берез. В дальнейшем планируется тестирование других локусов для поиска информативных участков генома.

## **GENETIC POLYMORPHISM OF BIRCH HYBRIDS ON THE BASIS OF MICROSATELLITE DNA**

Kondatyeva A.M., Rzhevsky S.G., Fedulova T.P.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*slavaosin@yandex.ru*

At present, studies of different woody plant species at molecular-genetic level remain urgent. Marker systems based on variability of microsatellite DNA sites have become widespread. Microsatellites (SSR – simple sequence repeats) represent tandem repetitions of simple sequences in DNA structure which source of polymorphism is a site-specific variation of repetition length.

Representatives of the *Betula* L. genus are one of the most perspective objects for investigations in forestry. Amongst them, interspecific hybrids and polyploidy specimens occupy a special place.

Aim of this work was to study polymorphism of microsatellite loci of silver and white birch (*Betula pendula* Roth. × *Betula pubescens* Ehrh.) genotypes to reveal possibilities of triploids' determining.

Objects of the studies were specimens of hybrid birches at the age of 33 growing in the Voronezh State Biosphere Reserve territory. The material was given by biological science doctor Yu.N. Isakov. Isolation of total DNA from leaves was carried out by the modified CTAB-method. For the investigation, the L1.10, L2.3, L3.1, L3.4, L4.4, L5.4, L7.1a, L7.3, L7.4, L13.1, L021 and Bo.F394 SSR-loci recommended as the most polymorphic ones by foreign authors were chosen.

Polymerasey chain reaction was conducted using reagents from the GenPak PCR Core kit (Isogen Company, Russian Federation). For this kit, annealing temperatures for primers of the loci under investigation were optimized: 59 °C for the L3.1, L7.4, L021, 48 °C for Bo.F394, and 55 °C for the rest. The following program for PCR conduction was used: 1) initial denaturation at 94 °C, 2) 35 cycles: 30 s of denaturation at 94 °C, 40 s of primer annealing, 20 s of elongation at 72 °C), 3) final elongation at 72 °C. Amplification products were separated and detected by electrophoresis on a 3% agarose gel. According to results of PCR-analysis of the silver and white birch hybrids performed using 12 SSR-markers, it was determined that the following loci were characterized by the greatest polymorphism and number of alleles: L1.10, L3.1, L3.4, L7.4 and Bo.F394. 4 DNA-amplicons were found out in the locus L1.10, range of length variation was from 180 to 210 b.p. Among 4 amplicons in the locus L3.4, length of the fragments' varied from 160 to 190 b.p. Each of the loci L3.1, L7.4 and Bo.F394 had 3 PCR-products with variation of lengths from 210 to 240 b.p., from 220 to 310 b.p, and from 125 to 150 b.p., accordingly.

The loci L1.10 and L3.4 showed triploid nature of several hybrid samples that demonstrates a possibility of their use for revealing triploid hybrid birches. In future, testing of other loci to search for informative genome sites is planned.

## **ИЗУЧЕНИЕ МАРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ МИКРОПОБЕГОВ БЕРЕЗЫ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ИЗ НЕДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ**

Константинов А.В.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [avkonstantinof@mail.ru](mailto:avkonstantinof@mail.ru)

Существенным препятствием к эффективному использованию культивируемых тканей и клеток в лесной селекции являются трудности, возникающие при регенерации древесно-кустарниковых растений. В настоящее время отсутствуют общие подходы к регуляции морфогенеза *in vitro*, в связи с чем требуется эмпирический подбор условий регенерации растений специфических не только для вида, но зачастую для формы или

отдельного генотипа. Не выработаны и единые принципы оценки нарушения стабильности генома и характера экспрессии генов регенерантов. Накапливаемые при культивировании тканей *in vitro* генетические и физиолого-биохимические нарушения, имеют зачастую сопряженный характер и отражаются на морфологии каллусных тканей и микропобегов. Изменчивость, индуцируемая культивированием тканей *in vitro* является нежелательной при микроклональном размножении. В то же время генетически детерминированная вариабельность морфологических признаков растений-регенерантов и пloidности их тканей может выступать источником ценного исходного материала представляющего интерес для отбора и селекции новых форм.

В качестве экспериментального материала для инициации культуры *in vitro* из дедифференцированных тканей использовали листовые экспланты, полученные выгонкой на отрезках ветвей различных генотипов березы повислой (6-161/3, 6-167/9, 6-176/18) из естественного насаждения на территории ГОЛХУ «Буда-Кошелевский опытный лесхоз» и березы 52-84/8 гибридного (*Betula pubescens* Ehrh. × *pendula* Roth.) происхождения, переданных сотрудниками Института лесного хозяйства Литвы.

Исходное количество эксплантов для каждого генотипа составляло 16-23 шт. Первичный каллус из соматических тканей и регенерацию микропобегов иницировали на среде MS (Murashige & Skoog, 1962) дополненную регуляторами роста 6-BAР 5 мг·л<sup>-1</sup>, NAA 1 мг·л<sup>-1</sup>, TDZ 0,1 мг·л<sup>-1</sup> после 6 недель культивирования в темноте и 2 недель при 2,0-3,0 тыс. люкс. Регенеранты *de novo* отделяли от каллуса и субкультивировали на модифицированную безгормональную среду WPM (G. Lloyd & B. McCown, 1980). Интенсивность каллусогенеза по генотипам варьировала в пределах 52,2-75,0%. В процессе работы проводили учет растений характеризующихся различными морфофизиологическими аномалиями развития.

Каллусные культуры клонов 52-84/8 и 6-167/9 отличались высокой способностью к органогенезу, регенерация наблюдалась во всех из них, в то время как среди тканевых культур клонов 6-161/3 и 6-176/18 часть (42% и 21% соответственно) каллусов определены как неморфогенные, либо требующие изменения условий культивирования стимуляции морфогенеза. В отношении морфологических отклонений регенерантов показано, что явление витрификации было характерно для 8,8-17,5% микрорастений среди изученных клонов, в некоторых случаях субкультивирование регенерантов на среды без регуляторов роста позволяло снять эффект обводнения тканей. Такие явления как формирование микропобегов, отличающихся укороченными междоузлиями и нарушениями пигментации (хлороз) были, в большей степени, отмечены среди регенерированных микрорастений клонов 6/161-3 (19,4% и 5,6% микрорастений соответственно). В то же время для клона 52-84/8 было в большей степени характерно формирование укороченных растений (19,8%), хлороз выявлен у 3,3% побегов, а перенос растений на свежую среду обеспечивал нормальный синтез пигментов.

Таким образом, можно заключить, что отклонения в развитии растений, возникающие при регенерации из каллусных культур вероятно тесно связаны как с процессами мутагенеза, так и с физиологическими нарушениями в соматических тканях, а частота и спектр изменений обусловлен генотипически.

## **STUDY OF MORPHOLOGICAL DEVIATIONS OF BIRCH MICROPLANTS AFTER REGENERATION FROM NON-DIFFERENTIATED TISSUES**

Konstantinov A.V.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*avkonstantinof@mail.ru*

An important obstacle to the effective use of cultured tissues and cells in forest selection is the difficulties arising in the regeneration of tree and shrub plants. Currently, there are no general approaches to the regulation of morphogenesis *in vitro*, which requires an empirical selection of plant regeneration conditions specific not only for the species, but often for the form or individual genotype. No common principles for assessing the violation of genome stability and the nature of expression of regenerant genes have been developed. The genetic and physiological-biochemical disorders accumulated in the cultivation of tissues *in vitro* are often of a conjugate nature and are reflected in the morphology of callus tissues and microclones. The variability induced by tissue culture *in vitro* is undesirable in microclonal reproduction. At the same time, the genetically determined variability of the morphological characteristics of regenerating plants and the ploidy of their tissues can be a source of valuable source material of interest for selection and selection of new forms.

As an experimental material for the initiation of an *in vitro* culture from dedifferentiated tissues, leaf explants obtained by distillation on sections of branches of various birch genotypes (6-161 / 3, 6-167 / 9, 6-176 / 18) from natural plantation in the territory of the Buda-Koshelevo Experimental Forestry and birch 52-84/8 hybrid (*Betula pubescens* Ehrh. × *pendula* Roth.) origin, handed over by the employees of the Institute of Forestry of Lithuania.

The initial number of explants for each genotype was 16-23 pieces. The primary callus from somatic tissues and the regeneration of microplants were initiated on MS medium (Murashige & Skoog, 1962) supplemented with growth regulators 6-BAP 5 mg·l<sup>-1</sup>, NAA 1 mg·l<sup>-1</sup>, TDZ 0.1 mg·l<sup>-1</sup> after 6 weeks of cultivation in the dark and 2 weeks at 2.0-3.0 thousand lux. The *de novo* regenerants were separated from the callus and subcultured on the modified hormone free medium WPM (G. Lloyd & B. McCown, 1980). The intensity of callusogenesis by genotypes varied within the range of 52.2-75.0%. Regener in the course of the work, we took into account the plants characterized by various morphophysiological anomalies of development.



The callus cultures of clones 52-84 / 8 and 6-167 / 9 were characterized by a high capacity for organogenesis, regeneration was observed in all of them, whereas among the tissue cultures of clones 6-161 / 3 and 6-176 / 18, part (42% and 21%, respectively) of calli are defined as non-morphogenic, or requiring changes in the culture of stimulation of morphogenesis. Regarding the morphological deviations of regenerants, it was shown that the phenomenon of vitrification was characteristic of 8.8-17.5% of micro-plants among the clones studied, in some cases subcultivation of regenerants in media without growth regulators allowed to remove the effect of watering the tissues. Such phenomena as the formation of microspikes characterized by shortened interstices and pigmentation disorders (chlorosis) were, to a greater extent, noted among the regenerated microplants of clones 6 / 161-3 (19.4% and 5.6% of microplants, respectively). At the same time for the clone 52-84 / 8 was more characteristic formation of shortened plants (19.8%), chlorosis was detected in 3.3% of shoots, and the transfer of plants to fresh medium provided a normal synthesis of pigments.

Thus, it can be concluded that deviations in the development of plants arising from regeneration from callus cultures are probably closely related both to mutagenesis processes and to physiological disturbances in somatic tissues, and the frequency and spectrum of changes are genotypic.

## **МОРФОЛОГО-БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕМЯН ЛЕСНЫХ ПОРОД**

Копытков В.В.<sup>1</sup>, Киреева Ю.А.<sup>1</sup>, Боровков А.В.<sup>2</sup>, Таирбергенов Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, *korvo@mail.ru*

<sup>2</sup>Комитет лесного и охотничьего хозяйства МСХ РК, Астана, Казахстан, *borovkov@fprp.kz*

Морфологические и биометрические показатели семян занимают важное место в лесосеменном деле. Они влияют на посевные качества семян, а также дальнейший рост и развитие растений. Поэтому для оптимизации условий прорастания семян и последующего развития растений требуется изучение основных закономерностей распределения семян по морфологическим и биометрическим показателям.

Исследования проведены с семенами хвойных пород, саксаула черного и дуба черешчатого, отобранными в условиях Республики Беларусь (ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз», ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз», ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз», ГОЛХУ «Речицкий опытный лесхоз», ГЛХУ «Кореневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси») и Республики Казахстан (резерваты «Семей орманы» и «Ертисорманы», Казалинский лесной питомник Комитета лесного и охотничьего хозяйства).

Для количественного описания морфологических признаков семян исследуемых лесных пород были проведены измерения с использованием методов компьютерной биометрии. Анализ семян саксаула черного, отобранных в условиях Казалинского лесного питомника, показал, что среднее

значение длины семян составляет 2,12 мм, ширины – 1,87 мм, площади – 3,25 мм<sup>2</sup>. Масса 1 000 штук семян саксаула черного составила 5,85 г.

Анализ партии семян сосны обыкновенной из резервата «Семей орманы» показал, что среднее значение длины семян составляет 4,69 мм, ширины – 2,69 мм, площади – 9,51 мм<sup>2</sup>. По литературным данным, масса 1 000 штук семян сосны обыкновенной колеблется в широком интервале – от 5,6 до 18,0 г. Результаты исследований показали, что среднее значение массы 1 000 штук семян сосны обыкновенной, отобранных в условиях резерватов «Семей орманы» и «Ертисорманы» Республики Казахстан, составило 10,3 г, а для условий Беларуси – 6,0 г.

Партия семян сосны обыкновенной из ГЛХУ «Корневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси» имеет следующие средние значения биометрических показателей: длина – 4,58 мм, ширина – 2,66 мм, площадь семян – 9,58 мм<sup>2</sup>. Исследуемые партии семян по основным морфометрическим показателям статистически неразличимы. В условиях Беларуси масса 1 000 штук семян сосны обыкновенной колеблется в пределах от 6,25 г (Витебское ГПЛХО) до 7,00 г (Брестское ГПЛХО).

Проведены исследования по определению доброкачественности желудей дуба черешчатого, отобранных в условиях ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз», ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз» и ГОЛХУ «Речицкий опытный лесхоз».

Анализ опытных партий желудей дуба черешчатого показал, что наиболее доброкачественным является семенной материал из ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз» – здесь наблюдается наибольшее количество здоровых семян (81,0%) и наименьшее количество семян, поврежденных механическим путем (2,0%), гнилями (3,0%) и насекомыми (6,0%). Наихудшими качествами среди исследуемых партий являются желуди из ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз».

Для объективной оценки качества желудей определены их биометрические показатели. Соотношение экстремумов этих показателей в 2016 г. составило 1:1,5 по длине, 1:1,9 по диаметру и 1:5,1 по массе. В 2017 г. соотношения экстремумов составили соответственно 1:1,6; 1:1,8; 1:1,5. По полученным данным можно сделать вывод, что размах вариации желудей дуба черешчатого по длине и диаметру является незначительным. Однако масса желудей варьирует в большей степени, что определяется зависимостью от множества факторов.

## MORPHO-BIOMETRICAL ASSESSMENT OF SEEDS OF FOREST BREEDS

Kopytkov V.V.<sup>1</sup>, Kireeva Yu.A.<sup>1</sup>, Borovkov A.B.<sup>2</sup>, Tairbergenov Yu.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*kopvo@mail.ru*

<sup>2</sup>Committee of forest and hunting economy of the MA RK, Astana, Kazakhstan,  
*borovkov@fprp.kz*

Morphological and biometric indicators of seeds take an important place in forest seed business. They influence sowing qualities of seeds as well as further growth and development of plants. Therefore optimization of conditions of germination of seeds and subsequent development of plants require studying of the main regularities of distribution of seeds on morphological and biometric indicators.

Research is conducted with seeds of coniferous breeds, the black haloxylon and the English oak, which were selected in the conditions of the Republic of Belarus (SSFI "Vetkovsky specialized forestry", SEFI "Osipovichsky experimental forestry", SEFI "Mazyr experimental forestry", SEFI "Recyca experimental forestry", SFI "Korenevsky EFB IF NAS of Belarus") and the Republic of Kazakhstan (wildlife reserves "Semey ormana" and "Ertis of ormana", Kazalinsky forest nursery of the Committee of forest and hunting economy).

For the quantitative description of morphological features of seeds of the studied forest breeds measurements with use of methods of computer biometrics have been taken. The analysis of seeds of the black haloxylon, which were selected in the conditions of Kazalinsky forest nursery, has shown that the average value of length of seeds is 2.12 mm, width – 1.87 mm, square – 3.25 mm<sup>2</sup>. The weight of 1 000 pieces of seeds of the black haloxylon was 5.85 g.

The analysis of a batch of seeds of the Scotch pine of the wildlife reserve "Semey ormana" has shown that the average value of length of seeds is 4.69 mm, width – 2.69 mm, square – 9.51 mm<sup>2</sup>. According to literary data, the weight of 1 000 pieces of seeds of the Scotch pine fluctuates in a wide interval from 5.6 to 18.0 g. Results of the research have shown that the average value of weight of 1 000 pieces of seeds of the Scotch pine, selected in the conditions of wildlife reserves " Semey ormana" and "Ertis of ormana" the Republic of Kazakhstan, was 10.3 g, and for conditions of Belarus – 6.0 g.

The batch of seeds of the Scotch pine of SFI "Korenevskaya EFB IF NAS of Belarus" has the following average values of biometric indicators: length – 4.58 mm, width – 2.66 mm, the square of seeds – 9.58 mm<sup>2</sup>. The studied batches of seeds on the key morphometric indicators are statistically not distinguishable. In the conditions of Belarus the weight of 1 000 pieces of seeds of the Scotch pine fluctuates ranging from 6:25 g (Vitebsk SFI) up to 7:00 g (Brest SFI).

Research on determination of high quality of acorns of the English oak, selected in the conditions of SEFI "Osipovichsky experimental forestry" and SEFI "Mazyr experimental forestry" and SEFI "Recyca experimental forestry" has been conducted.

The analysis of pilot batches of acorns of the English oak has shown that the best-quality seed material is from SEFI "Osipovichsky experimental forestry" – the greatest number of healthy seeds (81.0%) and the smallest quantity of the seeds damaged in the mechanical way (2.0%), damaged by rot (3.0%) and by insects (6.0%) are observed here. The worst qualities among the studied parties are acorns from SEFI "Mazyr experimental forestry".

For objective assessment of quality of acorns their biometric indicators are identified. The ratio of extrema of these indicators in 2016 made 1:1.5 in length, 1:1.9 in diameter and 1:5.1 in weight. In 2017 ratios of extrema have made respectively 1:1.6; 1:1.8; 1:1.5. It is possible to draw a conclusion on the obtained data that the scope of variation of acorns of the English oak in length and diameter is insignificant. However the mass of acorns varies more, which is determined by dependence on a set of factors.

## ПОЛНОГЕНОМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХВОЙНЫХ ВИДОВ

Крутовский К.В.<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Отделение лесной генетики и селекции, Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген 37077, Германия, [konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de](mailto:konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de)

<sup>2</sup>Лаборатория популяционной генетики, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва 119991, Россия, [kkrutovsky@gmail.com](mailto:kkrutovsky@gmail.com)

<sup>3</sup>Лаборатория лесной геномики, Научно-образовательный центр геномных исследований Сибирского федерального университета, Красноярск 660036, Россия

<sup>4</sup>Отделение экосистемных наук и управления, Техасский АМ университет, Колледж Стейшн, Техас 77843-2138, США, [k-krutovsky@tamu.edu](mailto:k-krutovsky@tamu.edu)

Полногеномные исследования хвойных видов стали возможны относительно недавно благодаря развитию новых методов секвенирования следующего поколения (т.н. NGS – next generation sequencing). Расшифровка (т.е. секвенирование и аннотирование) генома основных видов хвойных вносит большой вклад в лесную генетику и практику лесного хозяйства. В частности полногеномные исследования позволяют нам осуществить:

– идентификацию и аннотацию всех функциональных генов и регуляторных элементов (включая короткие РНК, транскрипционные факторы и т.д.) и определение метаболических сетей генов, контролирующих адаптацию и устойчивость к болезням;

– разработать неограниченное число высоко информативных генетических маркеров (прежде всего микросателлитные локусы SSRs и однонуклеотидные полиморфизмы – SNP – т.н. «снипов»), которые могут быть использованы в генетических исследованиях популяций и для создания генетических баз данных (наподобие молекулярно-генетических штрих-кодов для отдельных популяций) для борьбы с нелегальной заготовкой и торговлей древесины;

– разработать полногеномные генетические маркеры для обнаружения связи между генетической изменчивостью (SNP, аллели, гаплотипы и генотипы) и изменчивостью адаптивных и селекционно-ценных признаков и фенотипов, и с факторами окружающей среды для лучшего понимания

генетического контроля адаптивных, селекционных и экономически важных признаков;

- разработать полногеномные генетические маркеры для геномной селекции быстрорастущих и более устойчивых пород с ценными признаками;
- интеграцию протеомики, транскриптомики и метаболомики;
- создать референсный геном для картирования при повторном секвенировании (ресеквенировании).

В докладе будут представлены новейшие данные, полученные в современных проектах полногеномного секвенирования и аннотирования хвойных видов, в том числе одних из главных видов сибирских бореальных лесов – лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour), изучаемых в лаборатории лесной геномики Научно-образовательного центра геномных исследований Сибирского федерального университета (г. Красноярск, Россия; [http://genome.sfu-kras.ru/forest\\_genomics](http://genome.sfu-kras.ru/forest_genomics)) в рамках проекта «Геномные исследования основных бореальных лесобразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого грантом Правительства РФ № 14.Y26.31.0004.

## WHOLE CONIFER GENOME STUDIES

Krutovsky K.V.<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, [konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de](mailto:konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de)

<sup>2</sup>Laboratory of Population Genetics, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow 119991, Russia, [kkrutovsky@gmail.com](mailto:kkrutovsky@gmail.com)

<sup>3</sup>Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Siberian Federal University, 660036 Krasnoyarsk, Russia

<sup>4</sup>Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, 2138 TAMU, College Station, TX 77843-2138, USA, [k-krutovsky@tamu.edu](mailto:k-krutovsky@tamu.edu)

Whole genome studies of conifer species have become possible relatively recently due to the development of new, so-called NGS (next generation sequencing) methods. The decoding (i.e., sequencing and annotation) of the genomes of the main conifers contributes greatly to forest genetics, management, protection, breeding and tree improvement. In particular, whole genome studies allow us the following:

- identify and annotate genes, other functional elements (sRNA, transcription factors, regulatory elements, etc.) and genetic networks that control adaptation and disease resistance;

- develop highly informative genetic markers that can be used in population genetic studies to create database of barcodes for individual populations to fight illegal timber harvest and trade;

- develop genome-wide genetic markers for association studies for linking genetic variation (SNPs, alleles, haplotypes, and genotypes) with environmental

factors, adaptive traits and phenotypes for better understanding genetic control of agronomically and economically important traits;

– develop genome-wide genetic markers for genomic-assisted selection to breed for better adapted and desirable quality trees;

– integrate proteomics, transcriptomics and metabolomics;

– reference genome for resequencing.

The latest data obtained in modern projects of the whole genome sequencing and annotation of conifers will be presented, including data on two of the main Siberian boreal forest species – Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) – studied in the Laboratory of Forest Genomics at the Genome Research and Education Center of the Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia; [http://genome.sfu-kras.ru/en/forest\\_genomics](http://genome.sfu-kras.ru/en/forest_genomics)) in the project "Genome research of the main boreal forest-forming conifers and their most dangerous pathogens in the Russian Federation" funded by Research Grant No. 14.Y26.31.0004 from the Government of the Russian Federation.

## **ПЛЮСОВЫЕ ДЕРЕВЬЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ**

Крюкова С.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия  
*skrukova@bk.ru*

<sup>2</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия

Дуб черешчатый является главной лесообразующей породой в Центральном Черноземье. Здесь работали классики отечественного лесоводства М.М. Орлов, Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев, А.А. Молчанов и другие. В 1925 г. издана Н.П. Кобрановым первая книга в России в лесной селекции «Селекция дуба», в которой намечены основные направления селекционных исследований.

Издавна отмечалось, что для лесовосстановления дубрав необходимо использовать желуди с лучших деревьев (биологически устойчивых, высококачественных). К практическому решению данной проблемы приступили в середине прошлого века, когда были разработаны рекомендации по отбору лучших, т.н. «плюсовых деревьев» (ПД). Эти исследования получили развитие прежде всего в Шиповом лесу Воронежской области (Т.И. Плетминцева), а затем в дубравах соседних областей. По данным последней инвентаризации (таблица) в пяти областях Центрального Черноземья насчитывается 523 (100%) ПД дуба (Белгородская – 154 шт.; Воронежская – 182 шт.; Курская – 71 шт.; Липецкая – 34 шт.; Тамбовская – 82 шт.).

Таблица – Сводная ведомость последней (2016 г.) инвентаризации плюсовых деревьев дуба в Центральном Черноземье

Области Центрального Черноземья	Кол-во ПД шт. / %	Феноформа	Тип леса	Возраст, лет
Белгородская	154 / 29,4	ранняя – 50% поздняя – 50%	Д <sub>2</sub>	50 80-100 115-125
Воронежская	182 / 34,8	поздняя	Д <sub>2</sub>	90-134 180-184 280
Курская	71 / 13,6	ранняя	Д <sub>2</sub>	55-65 80-99 100-117
Липецкая	34 / 6,5	ранняя – 20% поздняя – 13%	Д <sub>2</sub>	76-94
Тамбовская	82 / 15,7	поздняя – 17% ранняя – 83%	С <sub>2-3</sub> Д <sub>3-4</sub>	65-80 90-105
Итого	523 / 100			

Основная часть ПД аттестована в свежей дубраве – 455 шт. (87%), а 68 (13%) в пойменной дубраве. Самые старые экземпляры находятся в Воронежской области (280 лет), а самые молодые – в Белгородской (50 лет) и Курской областях (55-65 лет).

Оценивая состояние ПД необходимо отметить следующие моменты:

- снижение общего количества ПД; так, если в Шиповом лесу раньше насчитывалось их около 270 шт., то сейчас 149 шт.;
- крайне неравномерное распределение ПД по основным дубравным массивам региона (Шипов лес – 149 шт., Теллермановская роща – 14 шт.);
- за редким исключением (Тамбовская область) ПД слабо используются для создания объектов ПЛСБ (ЛСП, ПЛСУ, ИК);
- в пойменных дубравах бассейна Среднего Дона преобладает ранораспускающаяся форма дуба.

## COMMON OAK PLUS TREES IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

*Kryukova S.A.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*skrukova@bk.ru*

<sup>2</sup>G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia,

Common oak is the main forest forming breed in the Central Chernozem region. The classics of Russian forestry M.M. Orlov, G.F. Morozov, V.N. Sukachev, A.A. Molchanov and others were worked here. In 1925 the Published by N.P. Kobranov the first book in Russia in the forest selection "Selection of oak", in which the main directions of selection studies are outlined.

It has long been noted that for the reforestation of oak trees it is necessary to use acorns from the best trees (biologically stable, high-quality). A practical solution

to this problem began in the middle of the last century, when recommendations were made on the selection of the best, so-called "Plus trees" (PT). These studies have developed, primarily in the Shipov forest of the Voronezh region (T.I. Pletmintseva), and then in the oak forests of neighboring regions. According to the latest inventory (table), there are 523 (100%) common oak PT in the five Central Chernozem regions (Belgorod region – 154 pcs., Voronezh region – 182 pcs., Kursk region – 71 pcs., Lipetsk region – 34 pcs.; Tambov region – 82 pcs.).

Table – Summary of the latest (2016) inventory of common oak plus trees in the Central Chernozem Regions

Central Chernozem Region	The number of PD units / %	Phenological form	Forest type	Age, years
Belgorod region	154 / 29.4	early – 50% late – 50%	D <sub>2</sub>	50 80-100 115-125
Voronezh region	182 / 34.8	late	D <sub>2</sub>	90-134 180-184 280
Kursk region	71 / 13.6	early	D <sub>2</sub>	55-65 80-99 100-117
Lipetsk region	34 / 6.5	early – 20% late – 13%	D <sub>2</sub>	76-94
Tambov region	82 / 15.7	late – 17% early – 83%	C <sub>2-3</sub> D <sub>3-4</sub>	65-80 90-105
Total	523 / 100			

The main part of the PT is certified in a fresh oak forest – 455 pcs. (87%), and 68 pcs. (13%) in the floodplain oak forest. The oldest specimens (280 years old) are in the Voronezh region, and the youngest ones (50 years old) are in Belgorod region and Kursk region (55-65 years old). Estimating the state of the PT it should be noted the following points:

- decrease in the total number of PT: earlier in the Shipov forest there were about 270 of them, now 149 pieces;
- extremely uneven distribution of PT along the main oak groves in the region (Shipov Forest – 149 pcs., Telerman Grove – 14 pcs.);
- with rare exceptions (Tambov region) PT are poorly used for the creation of objects of PSRB (LSP, PLSU, IR);
- in the Middle Don floodplain oak forests the early-breaking form of common oak is predominates.



# ОСОБЕННОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ, ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ И ВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ У КЛОНОВ КЕДРОВЫХ СОСЕН В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Кузнецова Г.В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского ИЦ СО РАН, Красноярск, Россия  
galva@ksc.krasn.ru

Прививочная плантация кедровых сосен была создана лабораторией лесной генетики и селекции Института леса СО РАН (под руководством А.И. Ирошникова) в 1963-1965 гг.

Клоновая плантация, концентрирующая генофонд инорайонных популяций (более 30) дала возможность изучить особенности индивидуальной и географической изменчивости роста, цветения, семеношения у прививок кедра сибирского, а также выявить межвидовые различия роста и несовместимости гетеропластических прививок кедровых сосен (*Pinus sibirica* Du Tour и *Pinus cembra* L.) в условиях Красноярской лесостепи.

1. Многолетние наблюдения за различными клонами, представленными на плантации прививок кедра, позволили выявить особенности их роста в условиях Красноярской лесостепи в зависимости от географического происхождения. На энергию роста прививок кедра оказывают влияние географические и экологические условия местопроизрастания материнских деревьев, с которых взяты черенки. Длительность периода роста побегов находится в прямой зависимости от теплообеспеченности места происхождения кедра и уменьшается от равнинных, низкогорных и среднегорных районов. Средняя продолжительность сезонного роста климатипов равнинных районов (Тюменская, Свердловская, Томская, Новосибирская области, Красноярский край, Республика Бурятия) составляет 51-62 дня, а горных (Восточный Казахстан, Красноярский край, Ермаковский район (1500 м над ур. моря)) и северных: Красноярский край (Енисейский, Байкитский), составляет лишь 38-48 дней. Исследования ритма роста показали, что наблюдается географическая изменчивость в наступлении фенологических фаз как в один вегетационный сезон, так и в разные годы. Весь ритм развития и длительность периода вегетации у прививок кедра разного происхождения носит наследственный характер и отличается тем больше, чем значительнее различие между условиями температурного режима в районе происхождения черенков с условиями района их выращивания.

2. Выявлены географические различия в семенной продуктивности прививок. Самые низкие показатели семеношения у прививок кедра сибирского, у которых привои получены из южных районов ареала (Бурятия, Тывы), наиболее высокие – из зоны оптимума: Западного Саяна, Горного Алтая и Зауралья (Тюменская обл.). Выделены клоны с постоянным урожаем в многолетнем цикле, представляющие некоторые происхождения Красноярского края, Тюменской и Восточно-Казахстанской областей.

3. Исследования жизнеспособности пыльцы имеющихся клонов кедровых сосен на прививочной плантации выявили, что клоны продуцируют

жизнеспособную пыльцу (от 40 до 80%) и не обнаруживают существенных различий между собой в зависимости от мест произрастания материнских деревьев. В большей степени наблюдается индивидуальная изменчивость всхожести пыльцы деревьев по годам в зависимости от внешних факторов и генотипа дерева (Кузнецова, 2004).

4. Выявлена генетическая обусловленность некоторых показателей шишек и семян (длина шишек, масса 1 000 шт. и полиэмбриония семян) (Кузнецова, 2009).

5. В пределах вида показана значительная дифференциация роста, формирования макро- и микростробиллов у клонов кедров сибирского.

6. Установлены межвидовые различия кедровых сосен по фенологии, сезонном развитии, длине хвои и охвоенности побегов.

7. Выявлены межвидовые различия роста и совместимости кедровых сосен на подвое сосны обыкновенной. Радиальный прирост у прививок кедров сибирского по сравнению с кедром европейским на 23% выше.

## **THE CHARACTER OF INDIVIDUAL, GEOGRAPHICAL AND SPECIES VARIABILITY OF CLONES OF *CEMBRAE* GROUP PINES IN KRASNOYARSK FOREST-STEPPE**

Kuznetsova G.V.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia, [galva@ksc.krasn.ru](mailto:galva@ksc.krasn.ru)

*Cembrae* group pines (*Pinus sibirica* Du Tour and *Pinus cembra* L.) grafting plantation or clone plantation was founded by the laboratory of forest genetics and tree breeding of the Institute of Forest SB RAS (supervised by A.I. Iroshnikov) in 1963-1965.

On the clone of *Cembrae* group pines in Krasnoyarsk forest-steppe gene pool of different provenance trials is concentrated. This plantation is the object of investigations of growth, incompatibility and changes in anatomical structure of tree rings of the rootstock and scion, biology of pollination and seed producing, adaptation of pine species from *Cembrae* group in Krasnoyarsk forest-steppe.

1. Growth of the different clones on grafting plantation during many years have been studied. It was revealed that determines the specific character of the growth in the conditions of Krasnoyarsk forest steppe. The energy of growth character at the grafting plantation showed geographical and ecological features of mother trees. The length of the shoot growth period is directly dependent on the heat availability of the place of origin of Siberian pine and decreases from the lowland, low-mountain and mid-mountain regions. The average duration of the seasonal growth of climatic lowland regions (Tyumen, Sverdlovsk, Tomsk and Novosibirsk regions, the Krasnoyarsk Territory, the Republic of Buryatia) is 51-62 days, and the mountain (East Kazakhstan, the Krasnoyarsk Territory, Yermakovsky District) (1 500 m above sea level. Sea) and north: Krasnoyarsk Territory (Yenisey, Baikit),

accounts for only 38-48 days. Studying of rhythm growth of *Cembra* group pine clones on the grafting plantation has shown that there is geographic variation in the occurrence of phenological phases in one growing season, and over the years

2. Biology of Siberian pine seed producing on grafting plantation during many years have been studied (Kuznetsova, 2003, 2004). It was revealed that seed formation in vegetative progenies of Siberian pine had the same cyclic fluctuations as trees from natural populations. Seed producing character at the grafting plantation showed geographical and individual features of mother trees. Siberian pine grafts obtained from southern regions of the areal showed the lowest seed producing. Those ones from optimum zone (from the West Sayan mountains, the Mountain Altai, Trans-Ural region) had the highest seed producing. Clones with the constant harvest in the over-year cycle were selected among the 30-aged Siberian pine grafts which represented several provenances from Krasnoyarsk territory, Tyumen and East- Kazakhstan regions.

3. Studying of the pollen viability of *Cembra* group pine clones on the grafting plantation has shown that the clones produced viable pollen (40-80%). There were no great differences between each other depending on provenances of mother trees. Individual variability of pollen germination of trees in years is observed in a greater extent depending on environmental factors and tree genotype (Kuznetsova, 2004).

4. The genetic conditionality of some indicators of cones and seeds (length of cones, weight of 1 000 pieces and polyembryonia of seeds) was revealed (Kuznetsova, 2009).

5. Within the species, there is a significant differentiation in the growth, formation of macro- and microstrobiles in Siberian stone pine clones.

6. The interspecies differences of *Cembra* group pine clones were established, according to phenology, seasonal development, length of needles and number of needles on the shoot.

7. Interspecific differences in the growth and compatibility of *Cembra* group pine clones on the stock of Scots pine (*P. sylvestris* L.) are revealed. The radial increase in inoculations of Siberian pine in comparison with European pine is 23% higher.

## **НОВЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Кузнецова Н.Е., Томилов Ю.В.

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия,

*knetwork@mail.ru*

Изменение климата и возрастающая антропогенная нагрузка ставит перед человеком задачи сохранения и восстановления лесов в новых экологических условиях. Для этого следует вести работу по следующим основным направлениям.

Во-первых, необходимо пересмотреть законодательство по ведению лесного хозяйства, ввести жесткую ответственность за незаконную вырубку,

ограничить использование древесных пиломатериалов и восстановить систему лесничеств.

Во-вторых, вместо рубок ухода ввести технологию пересадки сеянцев, создавать временные питомники.

В-третьих, ввести в образовательную систему рабочих лесного хозяйства (в т.ч. вальщиков леса) занятия по теоретическому и практическому лесоводству для воспитания ответственности и понимания процессов, происходящих в жизни леса.

В-четвертых, создание особых режимов пользования для устойчивых лесов с выделением заповедных участков. На их базе организовать получение посадочного материала. Для нарушенных природных территорий разработать и применить мероприятия по их восстановлению и созданию сред обитания компонентов леса.

В-пятых, необходимо введение интродуцентов, хорошо зарекомендовавших себя в новых экологических условиях, резистентных к вредителям и болезням.

В УНКЦ «Лесная опытная дача» разрабатываются и внедряются мероприятия по лесовосстановлению. Проводится работа с интродуцентами, среди которых хорошо себя зарекомендовали орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.), клен маньчжурский (*Acer mandshuricum* Maxim.), дуб красный (*Quercus rubra* L.) и другие.

Для восстановления лесного массива, подвергающегося высокой рекреации, проводятся работы по сохранению органических остатков на месте их появления с созданием укладок древесины. Также ведутся многолетние наблюдения за состоянием различных пород и анализ устойчивых адаптированных видов, сбор их семян. Подбирается ассортимент посадочного материала для лесовосстановления. Получение посадочного материала осуществляется современными методами размножения с использованием ресурсосберегающих технологий, водоудерживающих субстратов, контейнеров.

## **NEW OFFERS ON FORESTRY**

**Kuznetsova N.E., Tomilov U.V.**

Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy,  
Moscow, Russia, [knetwork@mail.ru](mailto:knetwork@mail.ru)

Climate change and the increasing anthropogenic loading sets for the person tasks of preservation and restoration of the forests in new ecological conditions. For this purpose it is necessary to conduct work on the following main directions.

Firstly, it is necessary to revise the legislation on forest maintenance, to impose rigid liability for illegal cutting, to limit the use of wood lumber and to restore the system of forest district.

Secondly, instead of improvement thinning to introduce the technology of seedlings transplanting of, to create temporary nurseries.

Thirdly, to enter into the educational system of workers of forestry (including feller) classes in theoretical and practical forestry for education of responsibility and understanding of the processes happening in forest life.

Fourthly, creation of specific regimes of use for the sustainable forests with allocation of reserved sites. On their base to organize receiving landing material. For the antropoginically disturbed natural areas to develop and apply events for their restoration and creation habitats of components of the forest.

Fifthly, also, well-established in the new environmental conditions requires introduction of the introduced species which resistant to pests insects and diseases is necessary.

In Educational scientific advisory center "Forest experimental dacha" is developed and implemented reforestation. Work with introduced species among which well proved nut Manchurian (*Juglans mandshurica* Maxim.), maple Manchurian (*Acer mandshuricum* Maxim.), oak red (*Quercus rubra* L.) and others is carried out. For restoration of the forest area which is exposed to a high recreation works on preservation of wood debris on the place of their emergence with creation of laying of felling residues are carried out. Also long-term observations of a condition of tree species and the analysis of the steady adapted types, gathering their seeds are conducted. The range of landing material for reforestation is selected. Receiving landing material is carried out by modern methods of reproduction with use of resource-saving technologies, water-retaining substrates, containers.

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ХВОЕ У КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С РАЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ПАТОГЕНАМ**

Кузьмин С.Р.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия  
*skr\_7@mail.ru*

Объектом исследования являются географические культуры сосны обыкновенной в Приангарье, в которых отобраны устойчивые и неустойчивые к грибным патогенам климатипы для сравнения их по компонентному и количественному составу летучих веществ. В качестве устойчивых исследовались климатипы сосны из Мурманской, Архангельской, Иркутской областей и Красноярского края. В качестве неустойчивых: из Семипалатинской области Казахстана, Республики Алтай, Алтайского края, Республики Тывы и Новосибирской области. Исследования по степени повреждения деревьев разных климатипов более подробно описаны ранее (Kuzmina, Kuzmin, 2008; Кузьмина, Кузьмин, 2009).

По компонентному составу летучих веществ, выявленных в газовой фазе исследованной хвои, различия между климатипами связаны с разной устойчивостью к грибным патогенам и географическим происхождением. Выделяются самые устойчивые – северные климатипы (кандалакшский и печенгский), имеющие высокую встречаемость фитола. У печенгского

климатипа имеется вещество, характерное только для него –  $\beta$ -фарнезен. Исследование эфирного масла в хвое показало наименьшее количество веществ у сузунского климатипа, наибольшее разнообразие веществ выявлено у кандалакшского и долонского климатипов, представляющих контрастные по географическому и климатическому факторам условия происхождения.

Устойчивые климатипы сосны к грибным патогенам отличаются большим содержанием  $\alpha$ -пинена и меньшим –  $\Delta^3$ -карена, их соотношение в среднем составляет 11:1. Концентрация  $\alpha$ -пинена у неустойчивых климатипов по отношению к устойчивым значительно меньше, а содержание  $\Delta^3$ -карена увеличивается и их соотношение составляет 3:1. Исследование концентрации летучих веществ в зависимости от заболевания показало, что чем сильнее была степень повреждения растений, тем больше у них отмечается содержание  $\Delta^3$ -карена,  $\tau$ -терпинена, сабинена,  $\alpha$ -терпинена, терпинолена,  $\alpha$ -феландрена, камфена, трициклена,  $\beta$ -мирцена.

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ (№ 16-05-00496), при совместной поддержке с правительством Красноярского края, краевым государственным автономным учреждением «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (Краевой фонд науки) (№ 16-44-243031), а также при совместной поддержке Краевого фонда науки и ИЛ СО РАН (№ 15-8130-0400-СА) в рамках участия в 5-ой международной конференции-совещании «Сохранение лесных генетических ресурсов».*

### **Литература**

1. Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Селекция сосны обыкновенной по устойчивости к грибным патогенам в географических культурах // Хвойные бореальной зоны. 2009. Том XXVI, № 1. С. 76–81.

2. Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Intraspecific response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to pathogens in a provenance trial in Middle Siberia // Eurasian J. For. Res. 2008. Vol. 11–2. P. 51–59.

## **VARIABILITY OF VOLATILES IN THE NEEDLES OF SCOTS PINE CLIMATYPES WITH DIFFERENT RESISTANCE TO PATHOGENES**

Kuzmin S.R.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
*skr\_7@mail.ru*

The object of the study is the provenance trial of Scots pine in Priangarie region. Resistant and nonresistant to fungal pathogens climatypes were selected for comparison at component and quantitative composition of volatiles. Climatypes from Murmansk oblast, Arkhangelsk oblast, Irkutsk oblast and Krasnoyarsk krai were studied as resistant. Climatypes from Semipalatinsk oblast of Kazakhstan, Republic Altai, Altai krai, Republic Tyva and Novosibirsk oblast were studied as

nonresistant. The studies of damage degree of climatypess trees were described in details earlier (Kuzmina, Kuzmin, 2008, 2009).

Component composition of volatiles analysis in solid needles (gas fase) revealed that differences between climatypess are connected with different resistance to pathogens and geographical origin of climatypess. The most resistant climatypess are northern ones (Kandalaksha and Pechenga). These climatypess have high occurrence of phytol. Only Pechenga has such volatile as  $\beta$ -farnesene. The essential oil analysis of needles revealed the least number of volatiles for Suzun climatype, the maximum number of volatiles was revealed for Kandalaksha and Dolon climatypess representing contrast conditions of origin place in geographic and climatic factors.

Resistant to fungal pathogens Scots pine climatypess are characterized by high content of  $\alpha$ -pinene and low content of  $\Delta^3$ -carene with their ratio 11:1. The ratio of  $\alpha$ -pinene to  $\Delta^3$ -carene for nonresistant climatypess is 3:1. The study of volatiles concentrations depending on disease showed that more damage degree of trees is – more concentration of following volatiles is:  $\Delta^3$ -carene,  $\tau$ -terpinene, sabinene,  $\alpha$ -terpinene, terpinolene,  $\alpha$ -phellandrene, camphene, tricyclene,  $\beta$ -myrcene.

*The reported study was funded by RFBR (№ 16-05-00496) jointly with government of Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk Region Science and Technology Support Fund (Region Science Fund) (№ 16-44-243031), and with joint funding of Region Science Fund and SIF SB RAS (№ 15-8130-0400-CA) according to the participation in 5th International Conference «Conservation of Forest Genetic Resources».*

### **References**

1. Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Selekcija sosny obyknovennoj po ustojchivosti k gribnym patogenam v geograficheskikh kul'turah (Selection of Scots pine in resistance to fungal pathogens in the provenance trial) // Hvojnye boreal'noj zony. 2009. Vol. XXVI, No. 1. P. 76–81 (in Russian).

2. Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Intraspecific response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to pathogens in a provenance trial in Middle Siberia // Eurasian J. For. Res. 2008. Vol. 11–2. P. 51–59.

## **ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия  
*kuz@ksc.krasn.ru*

Изучение географических культур в условиях однородного экологического фона позволяет прогнозировать рост сосны в природных условиях в связи с изменением климата и отбирать перспективные климатипы для лесного хозяйства региона.

Исследования географических культур в Богучанском лесничестве Красноярского края показали существенные различия по росту и сохранности у климатипов, тестируемых на участках с разными лесорастительными условиями. На участке с дерново-подзолистой песчаной почвой дифференциация климатипов сосны выражена сильнее, чем на участке с темно-серой лесной суглинистой почвой. Индивидуальная изменчивость средней высоты у климатипов сосны варьирует: на песчаной почве от 14 до 42%, на суглинистой – от 5 до 17%, географическая изменчивость составляет соответственно 24% и 9%. Анализ динамики роста в высоту показывает, что стабилизация рангового положения по росту в высоту у 40-летних климатипов сосны не закончена. Процесс формирования структуры насаждений у климатипов имеет специфические особенности, обусловленные наследственностью и разной реакцией на экологические факторы в пункте испытания. Рост в высоту сосны связан с климатическими факторами места происхождения. Выявлены отрицательные корреляции: с осадками за вегетационный период ( $r = -0,45$ ;  $p < 0,001$ ), суммой температур  $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $r = -0,30$ ;  $p < 0,01$ ) и длиной активного вегетационного периода (число дней с температурой  $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ( $r = -0,31$ ;  $p < 0,01$ ).

Основным фактором, влияющим на рост климатипов сосны в географических культурах, тестируемых на разных участках, являются лесорастительные условия. Одноименные климатипы на суглинистой и песчаной почвах показывают достоверные различия в росте и стволовой продуктивности, достигающие 150% и более. В пределах участка основное влияние на рост климатипов оказывает наследственность климатипов, проявляющаяся в неодинаковой требовательности к климатическим факторам и разной восприимчивости к грибным патогенам.

В результате анализа динамики роста и устойчивости географических культур отобраны перспективные климатипы сосны – на песчаной почве 18, на суглинистой 16 климатипов. Среди отобранных только восемь имеют хорошие селекционные показатели в разных почвенных условиях. В случае хронического отсутствия семян сосны в регионе, перспективные климатипы рекомендуется использовать для создания плантаций и лесных культур целевого назначения строго в соответствии с почвенными и лесорастительными условиями создаваемых объектов. На основании результатов исследований перемещение семян в регионе рекомендуется проводить в широтном направлении с  $60^{\circ}30'$  с.ш., с севера на юг в пределах  $5^{\circ}$  градусов, с юга на север в пределах  $4^{\circ}$ , с востока на запад до  $20^{\circ}$ , с запада на восток до  $15^{\circ}$ . В рамках уточнения лесосеменного районирования 1982 года на территории Красноярского края предлагается четыре лесосеменных района.

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ (№ 16-05-00496), при совместной поддержке с правительством Красноярского края, краевым государственным автономным учреждением «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (Краевой фонд науки) (№ 16-44-243031), а также при совместной поддержке Краевого фонда науки и ИЛ СО РАН (№ 15-8130-0400-СА) в рамках участия в 5-ой международной конференции-совещании «Сохранение лесных генетических ресурсов».*



## SELECTION OF PERSPECTIVE SCOTS PINE CLIMATYPES IN THE PROVENANCE TRIAL IN CENTRAL SIBERIA

Kuzmina N.A., Kuzmin S.R.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
*kuz@ksc.krasn.ru*

Provenance trial study in conditions of homogeneous ecological background allows making prognosis of pine growth in natural conditions in connection with climate change and selecting perspective climatypes (provenances) for regional forestry.

Provenance trial research in Boguchany forest district of Krasnoyarsk krai showed significant differences in growth and survival of climatypes tested on plots with different forest-growing conditions. Differentiation of pine climatypes is more expressed on the plot with sod-podzol sandy soil than on dark grey forest loam soil. Individual variability of average height of pine climatypes varies: from 14 up to 42% on sandy soil, from 5 up to 17% on loam soil. Geographical variability on sandy soil is 24%, on loam soil is 9%. Analysis of height growth dynamics shows that stabilization of rank position in height growth in 40-years old climatypes is not finished. Process of climatype stand structure formation has specific features determined by inheritance and different reaction to ecological factors in the place of trial. Pine height growth connected with climatic factors of origin place. Negative correlations were revealed: with precipitation of vegetation period ( $r = -0.45$ ;  $p < 0.001$ ), sum of temperatures  $> 10^{\circ}\text{C}$  ( $r = -0.30$ ;  $p < 0.01$ ) and active vegetation period duration (number of days with average temperature  $> 10^{\circ}\text{C}$ ) ( $r = -0.31$ ;  $p < 0.01$ ).

The main factor of influence on climatypes growth in the provenance trial situated on different plots is forest-growing conditions. The same climatypes on loam and sandy soil show significant differences in growth and stem productivity. These differences reach 150% and more. Within plot the main influence on climatypes growth belongs to inheritance of climatypes. It is expressed in unequal requirements to climatic factors and different sensitivity to fungal pathogens.

As a result of growth dynamics and resistance analysis in provenance trial 18 perspective provenances of pine were selected on sandy soil and 16 – on loam soil. Among selected provenances only 8 have good selective indicators in different soil conditions. In case of chronic absence of seeds in the region, perspective climatypes are recommended for creation of forest plantations and sylvulas of target purposes. Soil and forest growing conditions must be taken into account. On the base of research results following seed transfers in the region are recommended: from  $60^{\circ}30' \text{N}$  to the south within  $5^{\circ}$ , from south to the north within  $4^{\circ}$ , from east to the west within  $20^{\circ}$ , from west to the east within  $15^{\circ}$ . In the context of more precise definition of 1982 forest seed zoning on the territory of Krasnoyarsk krai four forest seed zones are suggested.

*The reported study was funded by RFBR (№ 16-05-00496) jointly with government of Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk Region Science and Technology*

*Support Fund (Region Science Fund) (№ 16-44-243031), and with joint funding of Region Science Fund and SIF SB RAS (№ 15-8130-0400-CA) according to the participation in the 5th International Conference «Conservation of Forest Genetic Resources».*

## **FOREST BIODIVERSITY AND ITS CONSERVATION STRATEGIES IN TURKEY**

**Kurt Y.<sup>1</sup>, Cengel B.<sup>2</sup>, Isik K.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Harran University, Molecular Biology and Genetics Department, Sanliurfa, Turkey,  
*ykurt@harran.edu.tr*

<sup>2</sup>Forest Tree Seeds and Tree Breeding Research Directorate, Ankara, Turkey,  
*cengel.burcu@gmail.com*

<sup>3</sup>Emeritus Professor, Akdeniz University, Biology Department, Antalya, Turkey,  
*isikkani74@gmail.com*

Turkey (Türkiye) has a unique geographic position for being at the junction point of three continents: Europe, Asia and Africa. The country has an impressive diversity in terms of fauna and flora, representing elements from three different continents. The aim of this paper is to present current status of Turkish forest biodiversity and related conservation strategies in the country. Based on 2015 data, forest lands in Turkey cover 22.3 million hectares, which constitutes around 29% of total land area of the country. The country has almost 12.000 plant taxa which are very close to that of whole Europe having about 13.000. Of 12.000 taxa, almost one third is endemic and around 600 taxa are woody species/subspecies and varieties in forest lands. This enormous species diversity in the country can be attributed to various factors such as unique geographic position of Turkey (three sides surrounded by three different seas), long geo-biotic history, diverse topography (from deep valleys to towering rocky mountains), vegetation from three different floristic regions (Mediterranean, Euro-Siberian and Irano-Turanian), and different climate types even within short distances among the sub-regions. This richness, however, have been under threat and endangered by various factors such as habitat alteration, habitat fragmentation, over-exploitation of economically important species, introduction of invasive exotic species and industrial agriculture. To cope with such threats, Turkish Ministry of Forestry and Water Affairs have adopted various long term *in-situ* and *ex-situ* conservation strategies in recent years. *In-situ* conservation strategies in Turkey include such areas as national parks, nature conservation areas, nature parks, natural monuments, seed stands, gene conservation forests, wildlife conservation areas, protection forests and gene management zones. On the other hands, the main *ex-situ* conservation efforts consist of gene banks, seed orchards, several arboreta and botanical gardens. Two other ministries (The Ministry of Culture and Tourism, and The Ministry of Environment and Urbanization) have also been involved in certain aspects of conservation activities in Turkey. Thanks to extensive reforestation activities within the last 35 years, forest lands in the country have increased over two million hectares. In addition to reforestation, sustainable forest management and protection, *in-situ* and *ex-situ*

conservation strategies, such activities as effective public education, implementation of related laws and regulations, and international cooperation about conservation of biodiversity needs to be implemented in local, regional and international levels.

*Keywords:* Turkish forests, species diversity, endemism, biodiversity.

## ДНК-ДИАГНОСТИКА ФИТОПАТОГЕНОВ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Ларионова Т.И., Шуваев Д.Н., Кальченко Л.И.

Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Алтайского края», Барнаул, Россия

*larionovati@rcfh.ru*

**Введение.** Среди фитопатогенов около 97% составляют грибные инфекции, поэтому определение организмов, принадлежащих к отделу грибов, является перспективным направлением в лесной фитопатологии. Для определения организма, вызывающего заболевание, проводят фитопатологический анализ, который в своей традиционной форме основан на изучении имеющихся явных симптомов проявления болезни, т.е. на поздних стадиях ее развития (Крутов, 1994). Этот подход не позволяет проводить раннюю диагностику, наблюдения носят длительный характер, а постановка диагноза имеет субъективный характер. Наиболее современными и перспективными методами изучения фитопатогенов являются методы, основанные на анализе молекул ДНК. Среди них широко используемым в настоящее время, является метод секвенирования ITS-фрагментов рДНК (рибосомальной ДНК) грибов (White et al., 1990). Использование в исследованиях универсальных праймеров для локуса ITS рДНК грибов и его дальнейшее секвенирование с идентификацией в NCBI (Национальный центр биотехнологической информации) позволяет обнаружить и идентифицировать в образцах практически все присутствующие там грибы.

**Материалы и методы исследований.** Для проведения анализа были отобраны сеянцы *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea abies* (L.) H. Karst, *Pinus sibirica* Du Tour, *Abies sibirica* Ledeb. разных возрастов с действующих питомников Новосибирской области в количестве 24 штук каждой породы. Образцы были отобраны как с видимыми признаками поражения, так и визуально здоровые. Суммарная ДНК образцов хвои сеянцев была выделена согласно стандартному СТАВ-методу. Полимеразную цепную реакцию проводили на амплификаторе модели ABI 9700 (Applied Biosystems, США) с парой универсальных праймеров ITS1 и ITS4 (White et al., 1990). Далее проводили электрофорез ПЦР-продуктов в 1% агарозном геле. Целевые фрагменты ДНК выделяли из геля и очищали. Секвенирование ДНК образцов проводили на секвенаторе модели ABI PRISM 310 с использованием BigDye Terminator v. 1.1 (Applied Biosystems, США). Обработку сырых данных полученных последовательностей проводили в программе анализа биологических последовательностей BioEdit 7.1.3.0 (Hall, 1999) и идентифицировали в web-программе BLAST (NCBI).

**Результаты исследований.** В результате работы было проанализировано 1 368 шт. образцов из 28 питомников Новосибирской области. 13% образцов были поражены фитопатогенами. Всего было выявлено 11 видов патогенов. Высокий процент встречаемости был характерен для представителей рода *Phoma*, вызывающих фомоз – сухую гниль сеянцев. Их частота встречаемости составила 43% от общего числа пораженных сеянцев. Заболевание поражает ель обыкновенную, сосну обыкновенную и сосну сибирскую кедровую. Второе место по частоте встречаемости (22%), заняли представители рода *Lophodermium*, являющиеся возбудителями настоящего шютте. Также в питомниках были обнаружены представители родов: *Cladosporium*, *Rhizosphaera*, *Sydowia*, *Alternaria*, *Epicoccum*.

**Заключение.** Благодаря использованию методов молекулярно-генетического анализа удастся достаточно быстро и точно проводить диагностику и выявлять заболевания. Удастся диагностировать заболевания до видимых признаков поражения, тем самым сокращая потери посадочного материала, что очень важно для уменьшения финансовых затрат при лесовосстановительных мероприятиях.

## **DNA-IDENTIFICATION OF PHYTOPATHOGENS IN FOREST NURSERY OF NOVOSIBIRSK REGION**

Larionova T.I., Shuvaev D.N., Kalchenko L.I.

Branch of Russian Center of Forest Protection – Center of Forest Protection of Altai Territory, Barnaul, Russia, [larionovati@rcfh.ru](mailto:larionovati@rcfh.ru)

**Introduction.** The fungal infections amount about 97% among all phytopathogens. Therefore, the species identification of fungal pathogens is perspective direction in the forest phytopathology. Traditional methods of fungal identification based on evaluation of visual and prominent diseased signs don't allow determining a disease on time. Furthermore, the investigation is long and subjectively. Thereby, the methods of DNA-analysis are used at the present time for identification of fungal pathogens. DNA-sequencing of fungal ribosomal ITS-fragments and further identification of fungus in National Center for Biotechnology Information is the very common and robust method. This approach lets to detect and identify in samples any pathogenic fungus.

**Material and methods.** The samples of different ages were collected from the functioning forest nurseries of Novosibirsk region and represented the seedlings of *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea abies* (L.) H. Karst, *Pinus sibirica* Du Tour, *Abies sibirica* Ledeb. In total 24 samples were collected from each species. A part of collected seedlings had visual signs of fungal infection. Other part of seedlings was visually healthy. The total DNA of samples was isolated by standard CTAB-protocol. Amplification was performed by means of a GeneAmp PCR System 9700 device (Applied Biosystems, USA). We used two universal markers ITS1 and ITS4 (variable fragments of ribosomal DNA) (White et al., 1990). Electrophoresis of PCR-products was carried in 1% agarose gel. The target

fragments of DNA were extracted and purified from gel. DNA of samples was sequenced by sequencer ABI PRISM 310 with using BigDye Terminator v. 1.1 (Applied Biosystems, USA). The raw data were processed with software BioEdit v. 7.1.3.0 (Hall, 1999) and identified by BLAST (NCBI).

**Results.** In results, 1 368 samples were analyzed from 28 forest nurseries of Novosibirsk region. 13% samples were infected phytopathogens. Total was detected 11 species of pathogenic fungus. *Phoma* spp. was the most often pathogen. It causes specific disease, known as the dry rot of seedlings. Frequency of *Phoma* spp. was 43% from total amount of infected seedlings. This disease attack *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Pinus sibirica*. Frequency of *Lophodermium* spp. was 22%. Fungus of species *Cladosporium*, *Rhizosphaera*, *Sydowia*, *Alternaria*, *Epicoccum* were detected also.

**Conclusion.** The using of methods of DNA-diagnostic allows to identify fungal diseases fast and accurate before visible signs of infection. It reduces lost of planting stock and financing costs for reforestation.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЕКЦИИ ОСИНЫ И БЕРЕЗЫ

Лебедев В.Г., Шестибратов К.А.

Филиал ФГБУН Института биоорганической химии им. акад. М.М. Шемякина и  
Ю.А. Овчинникова РАН, Пушкино, Россия  
vglebedev@mail.ru

В последние годы в мире наблюдается устойчивое увеличение площадей под лесными плантациями, так как природные леса уже не способны удовлетворить возрастающий спрос на продукцию лесоводства. Продуктивность плантаций намного выше, чем у природных лесов. Частично она достигается уходом, но основная причина заключается в использовании высокопродуктивных генотипов. Возможности традиционной селекции при работе с деревьями достаточно ограничены их медленным ростом, большой продолжительностью жизни, длительным ювенильным периодом, высокой степенью гетерозиготности, плохой всхожестью семян. В связи с этим все большее значение при выведении новых генотипов приобретают методы биотехнологии, в частности, генная инженерия.

В России основной лесообразующей лиственной породой является береза, которая занимает 15% площади лесопокрытых земель. Древесина березы применяется для производства фанеры, в строительстве, получении целлюлозы, изготовлении паркета и др. Второй по значимости лиственной породой является осина (3% площади лесов), которая широко используется для производства спичек, древесно-волоконных плит, целлюлозы, картона, фанеры, в лесохимии и других отраслях. Обе эти породы являются перспективными для плантационного лесоводства. Генетическая трансформация древесных растений затруднена по сравнению с другими видами, но нами были разработаны эффективные методики агробактериального переноса и

получен ряд растений осины и березы, экспрессирующих хозяйственно-ценные гены. Начиная с 2006 года, на основе плюсовых деревьев был создан ряд трансгенных форм осины (*Populus tremula* L.) и березы (*Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth), экспрессирующих гены устойчивости к гербицидам и метаболизма азота. Для придания устойчивости к гербицидам на основе фосфинотрицина использовали ген *bar* из почвенной бактерии *Streptomyces hygrosopicus*. Оценка трансгенных растений в течение двух лет в полунатуральных условиях показала их устойчивость к двукратной полевой дозе гербицида (10 л/га), тогда как контроль погиб при воздействии 2,5 л/га. Для увеличения производства древесной биомассы мы использовали ген цитозольной формы глутамин синтетазы *GSI*, клонированный в нашей лаборатории из *Pinus sylvestris* L. Предварительные исследования позволили выделить линии, обладающие повышенной скоростью роста. Трехлетние испытания растений осины и березы в условиях различной доступности азота (без удобрения, удобрение 1 и 10 мМ азота) показали положительный эффект встраивания гена *GSI* на эффективность использования азота в условиях его недостатка в почве.

Помимо изучения проявления новых признаков у трансгенных растений осины и березы уделялось внимание и оценке биобезопасности новых генотипов – их влияния на немишенные организмы (почвенные микроорганизмы) и биогеохимические процессы (скорость разложения растительных остатков и круговорот азота и углерода). Однако для всесторонней оценки трансгенных форм древесных лесных пород необходимо их исследование в полевых условиях в течение нескольких лет в различных почвенно-климатических зонах страны.

## **APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY METHODS TO BREEDING OF ASPEN AND BIRCH**

Lebedev V.G., Shestibratov K.A.

Branch of the M.M. Shemyakin & Yu.A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry,  
Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia  
*vglebedev@mail.ru*

In recent years there has been increase in the forest plantation area, as natural forests are no able to meet the growing demand for forest products. The productivity of plantations is much higher than that of natural forests. Partly it is achieved by intensive management, but the main reason is the use of elite genotypes. Traditional breeding methods are often constrained by the slow growth, long reproductive cycles and high degree of heterozygosity of tree species. Transgenic technology may be the most sustainable approach for creation of new genotypes.

In Russia the main forest-forming hardwood tree is birch, which occupies 15% of the forested land area. Birch wood is used for the production of plywood, cellulose, furniture, etc. The second most important deciduous species is aspen (3% of the forest area), which is widely used for the production of matches, wood fiber

boards, cellulose. Birch and aspen are promising species for plantation forestry. Genetic transformation of woody plants is difficult compared to annual crops, but we developed effective protocols of gene transfer to aspen and birch genomes using *Agrobacterium tumefaciens*. Since 2006, a number of transgenic plants of aspen (*Populus tremula* L.) and birch (*Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth) expressing herbicide resistance and nitrogen metabolism genes were obtained. To confer resistance to herbicides based on phosphinothricin, the *bar* gene from the soil bacterium *Streptomyces hygroscopicus* was used. The evaluation of transgenic plants for two years under semi-natural conditions demonstrated their resistance to the herbicide Basta at doses equivalent to 10 l/ha (twofold normal field dosage) whereas the control plants died at 2.5 l/ha. The gene of the cytosolic form of glutamine synthetase *GSI*, cloned in our laboratory from *Pinus sylvestris* L., was used for increasing wood biomass production. Three-year tests of aspen and birch plants at different nitrogen availability (fertilizer 0, 1 and 10 mM nitrogen) showed a positive effect of the *GSI* gene expression on the nitrogen use efficiency at its deficit in the soil.

In addition to studying the new traits of transgenic plants biosafety of new genotypes was also assessed. Impacts of aspen and birch plants on non-target organisms (soil microbes) and biogeochemical processes (decomposition rate and nitrogen and carbon cycling) were investigated. However, long-term field tests under contrasting climatic and soil conditions are needed to comprehensively evaluate the transgenic forest trees.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ ВИДА СОСНЫ КЕДРОВОЙ КОРЕЙСКОЙ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ МАЛОЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

Левин С.В., Пашенко В.И.

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия  
*Veronika081088@gmail.com*

Кедровые насаждения – это результат многовековой селекции с сильно трансформированными лесными биогеоценозами, созданными из исходно неоднородных насаждений. Длительная эксплуатация кедрово-широколиственных лесов на Дальнем Востоке в прошлом столетии привела к тому, что их современный потенциал по общим ресурсам древесины на 1 га составляет примерно 50% от физиологически возможного. По этому поводу высказывался А.И. Ирошников на Международной конференции «Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока» (Хабаровск, 30.09.-06.10.1996 г.), что многообразные сырьевые средообразующие функции кедровых лесов, значительное сокращение особо ценных популяций в результате интенсивной лесозаготовки и весьма продолжительный период их естественного восстановления обусловили повышенное внимание к вопросам: сохранения уникальных лесных формаций; изучению их филогенеза, внутри- и межпопуляционной изменчивости; дифференцированному использованию

генофонда при искусственном восстановлении вырубок и гарей коренных и реконструкции производных насаждений, а также при культивировании за пределами естественно-исторического ареала видов.

В настоящее время на территории малолесной зоны Европейской части России имеется достаточно обширный уникальный материал интродукции кедровых сосен, в том числе в качестве лесных культур (бывший коллекционно-маточный дендрарий ЦНИИЛГиСа, объекты ВНИИЛГИСбиотеха и другие). Возраст культур (более 40 лет), технология создания (с применением прививки и без) в различных условиях местопроизрастания, наличие семеноносящих акклиматизированных селекционно-отобранных деревьев подчеркивают своевременность, актуальность темы и ее успешное применение.

Кедр корейский занимает особое место среди российских лесообразующих пород в значительной мере по причине высокой природной и хозяйственной значимости урожая семян, более целесообразна его селекция на семенную продуктивность. По сообщениям А.И. Ирошникова в Подмосковье при сбалансированном соотношении макро- и микроэлементах на объектах интродукции содержание полнозернистых семян достигает 94% с их числом в шишке 119-162 и массе 1 000 шт. – 636-784 г (1996 г.), а при неблагоприятных условиях опыления или оплодотворения выход полнозернистых семян составляет 30 – 50 – 73% (1993-1995 г.). Также в 2016 г. на территории Семилукского коллекционно-маточного дендрария урожай с дерева кедра корейского в возрасте 32 лет составил 18 шишек при следующих показателях: длина шишек – 91-118 мм; ширина шишек – 63-79 мм; полнозернистость – 67,4% при отклонениях отдельно по шишкам от 38,5 до 89,3%; масса 1 000 шт. – 568 г при разбросе отдельно по шишкам от 374 до 802 г.

Выявлены различия хода роста в высоту кедра корейского в зависимости от влияния рядом произрастающих видов (пихт одноцветной, сахалинской; сосен обыкновенной, румелийской; ели обыкновенной; псевдотсуги Мензиса). Получены результаты по совместимости кедра корейского на кедре сибирском, используемом в качестве подвоя до 20-летнего возраста. Имеющихся в районах интродукции кедра корейского объектов явно недостаточно для проведения интенсивной селекции на величину урожая и интенсивность роста. Учитывая значительные затраты по созданию в каждом интродукционном районе представительных архивов клонов и испытательных культур плюсовых деревьев из основных естественных областей его произрастания, а также принимая во внимание особенности развития вида, необходимо применить опыт создания крупномерным посадочным материалом пожароустойчивых семенных куртин – биогрупп.



# **PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF PINE IN KOREAN FORESTS IN THE PROTECTIVE FORESTS OF THE LOW FOREST ZONE OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

Levin S.V., Paschenko V.I.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
*Veronika081088@gmail.com*

Cedar plantations are the result of centuries-old breeding with strongly transformed forest biogeocenoses created from initially heterogeneous plantings. Long-term exploitation of cedar-broad-leaved forests in the Far East in the last century led to the fact that their current potential for total wood resources per hectare is approximately 50% of the physiologically possible. On this occasion, A.I. Iroshnikov spoke at the International Conference: "Cedar – broadleaf forests of the Far East" (Khabarovsk, September 30 – October 6, 1996), that the diverse raw medium-forming functions of cedar forests, a significant reduction in particularly valuable populations as a result of intensive forest exploitation and a very long period of their natural restoration, Attention to: preservation of unique forest formations; The study of their phylogeny, intra- and interpopulation variability; Differentiated use of the gene pool in the artificial restoration of felling and burning of indigenous and reconstructed plantations, as well as cultivation outside the natural-historical range of species.

Currently, in the territory of the low forest zone of the European part of Russia there is a fairly extensive unique material of the introduction of pine pine, including as forest crops. The age of cultures (over 40 years), the technology of creation (with and without inoculations) in various conditions of the site, the presence of seed-bearing acclimatized selection-selected trees emphasize the timeliness, relevance of the topic and its successful application.

Korean cedar occupies a special place among Russian forest-forming species, largely due to the high natural and economic significance of seed yields, it is more expedient to select it for seed production. According to A.I. Iroshnikov in the Moscow region, with a balanced ratio of macro- and microstrobils at the introduction sites, the content of full grain seeds reaches 94% with their number in the cone 119-162 and the mass of 1 000 pcs. – 636-784 g (1996), and under unfavorable conditions of pollination or fertilization the yield of full-grained seeds is 30 – 50 – 73% (1993-1995). Also in 2016 on the territory of the Semiluki Collector's Breeding Arboretum, the yield from the Korean cedar tree at the age of 32 years was 18 cones with the following parameters: cones length – 91-118 mm; the width of cones is 6-79 mm; full grain – 67.4% for deviations separately for cones from 38.5 to 89.3; weight 1 000 pcs. – 568 g. In the case of variances, separately for cones from 374 to 802 g.

Differences in the growth rate in the height of Korean cedar have been determined depending on the influence of a number of growing species. The results on compatibility of Korean cedar on Siberian cedar used as a stock up to the age of 20 years are obtained. Available in the areas of introduction of cedar Korean objects is clearly not enough to conduct intensive breeding for the size of the crop and the

intensity of growth. Considering the considerable costs of creating representative archives of clones and test cultures of plus trees from the main natural areas of its growth in each introductory region, and also taking into account the developmental features of the species, it is necessary to apply the experience of creating fireproof seed curtains - bio groups – by large-scale planting stock.

## **ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ НА ОБЪЕКТАХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАК КОМПОНЕНТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

Левковская М.В.

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь  
*lemarivik@mail.ru*

При проведении рубок ухода, с выборкой деревьев, разреживание полога древостоя и изменение его состава и структуры влечет за собой изменение световых условий под пологом насаждений, что оказывает влияние на динамику растительности травяного и кустарникового ярусов.

Цель работы – изучить изменение живого напочвенного покрова на волоках и пасеках после проведения рубок ухода в сосновых насаждениях Брестской области.

Изучение видового разнообразия и динамики живого напочвенного покрова проводилось после прореживаний и проходных рубок (2003-2012 гг.) на пробных площадях (ПП) размером 0,5 га в сосняках лесхозов Брестского ГПЛХО в 2012 г.

Исследование лесной растительности осуществлялось на ПП методом учетных площадок (раункиеров) с использованием морфолого-эколого-географического метода. Рубки ухода проводили по узкопасечным технологиям.

Под пологом насаждения произрастают *Betula pendula* L., *Quercus robur* L., *Populus tremula* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Ulmus laevis* Pall. Подлесок представлен *Corylus avellana* L., *Frangula alnus* L., *Juniperus communis* L., *Malus sylvestris* L., *Salix caprea* L., *Salix aurita* L., *Sambucus racemosa* L., *Sorbus aucuparia* L.

Изменение светового режима благоприятно сказалось на развитии живого напочвенного покрова на волоках: *Rubus caesius* L., *Rubus idaeus* L., относящихся к растениям-нитрофилам. У большинства видов увеличилась встречаемость и повысилось проективное покрытие за счет появления молодых растений, увеличения количества побегов и разрастания: *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.

Удаление древесного полога на технологических коридорах приводит к появлению на освещенных участках видов, характерных для более разреженных сосняков, лесных полян, опушек, рудеральных местообитаний: *Bidens tripartita* L., *Erodium cicutarium* (L.) L'Her, *Campanula patula* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Galeopsis tetrahit* L., *Galium album* Mill.,

*Geranium sylvaticum* L., *Geum urbanum* L., *Glechoma hederacea* L., *Hieracium umbellatum* L., *Mycelis muralis* (L.) Dumort., *Rorippa sylvestris* (L.) Bess., *Scabiosa columbaria* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Torilis japonica* (Houtt.) DC., *Viola tricolor* L. и др. Встречаются одиночными экземплярами *Agrimonia eupatoria* L., *Hypericum perforatum* L., *Ranunculus repens* L., *Senecio vulgaris* L., *Solidago virgaurea* L.

На открытых местах рубки возросло участие светолюбивых злаков: *Festuca ovina* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Milium effusum* L., *Poa nemoralis* L.

В составе живого напочвенного покрова преобладают мезофиты: *Dryopteris spinulosa* (O.F. Muell) Watt., *Maianthemum bifolium* L., *Ledum palustre* L., *Trientalis europaea* L.

Видовой состав мохово-лишайникового яруса может быть представлен *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Bryum capillare* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw., *Ditrichum flexicaule* Hampe, *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid., *Leucobrium glaucum* (Hedw.) Aongstr. Проективное покрытие по мохово-лишайниковому ярусу может быть снижено.

Проведение рубок ухода оказывает влияние на видовое разнообразие и сохранность живого напочвенного покрова, фитоценотическая структура которого изменяется в направлении увеличения встречаемости, проективного покрытия и обилия гелиофитов в коридорах, особенно злаков и разнотравья. В коридорах наблюдается развитие и интенсивный рост поросли древесных и кустарниковых пород. После проведения рубок ухода увеличивается проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса за счет разрастания светолюбивых видов.

## **PROBLEM OF PRESERVING SPECIES DIVERSITY ON THE FOREST RESEARCH PLOTS AS A COMPONENT OF GENETIC RESOURCES**

Levkovskaya M.V.

A.S. Pushkin Brest State University, Brest, Belarus, [lemarivik@mail.ru](mailto:lemarivik@mail.ru)

After selective thinning, the change of composition and structure of the stand entails a change in the light conditions under the canopy which affects the vegetation dynamics of grass and shrubbery.

The purpose of the research is to investigate the species diversity and dynamics of the forest floor in skidding corridors and felling plots after thinning the pine plantations in the Brest Region.

The effects of thinning and clearcutting (2003-2012) on species diversity and vegetation dynamics were studied on sample plots of 0.5 ha on the pine plantations of the Brest State Forestry Production Association in 2012.

The study of forest vegetation was carried out by quadrant (raunkiaer) method by means of the morphological-ecological-geographical method. The thinning was made by a linear block technology.

The following species were found beneath the forest's canopy: *Betula pendula* L., *Quercus robur* L., *Populus tremula* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Ulmus laevis* Pall. The undergrowth is presented by *Corylus avellana* L., *Frangula alnus* L., *Juniperus communis* L., *Malus sylvestris* L., *Salix caprea* L., *Salix aurita* L., *Sambucus racemosa* L., and *Sorbus aucuparia* L.

The change in the light conditions favorably affected the development of the understory vegetative cover in the skidding corridors: *Rubus caesius* L., *Rubus idaeus* L., related to plants-nitrophils. The occurrence and projective coverage of most species increased due to the appearance of young plants, and the increase in shoots and biomass: *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.

Removal of the canopy on technological corridors leads to the appearance on the lighted areas of those species that are more characteristic of sparse pine forests, forest glades, fringes, and ruderal habitats: *Bidens tripartita* L., *Erodium cicutarium* (L.) L'Her, *Campanula patula* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Galeopsis tetrahit* L., *Galium album* Mill., *Geranium sylvaticum* L., *Geum urbanum* L., *Glechoma hederacea* L., *Hieracium umbellatum* L., *Mycelis muralis* (L.) Dumort, *Rorippa sylvestris* (L.) Bess., *Scabiosa columbaria* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Torilis japonica* (Houtt.) DC., *Viola tricolor* L., etc. There are also single specimens of *Agrimonia eupatoria* L., *Hypericum perforatum* L., *Ranunculus repens* L., *Senecio vulgaris* L., *Solidago virgaurea* L.

The occurrence of light-loving cereals increased in the open felling areas: *Festuca ovina* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Milium effusum* L., *Poa nemoralis* L.

Mesophytes dominated in the composition of the understory cover: *Dryopteris spinulosa* (O.F. Muell) Watt., *Maianthemum bifolium* L., *Ledum palustre* L., *Trientalis europaea* L.

The species composition of the moss-lichen layer could be represented by *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Bryum capillare* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw., *Ditrichum flexicaule* Hampe, *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid., *Leucobrium glaucum* (Hedw) Aongstr. The projective coating on the moss-lichen layer could be reduced.

Thinning treatment affects the species diversity and preservation of the understory whose phytocenotic structure changes in the direction of occurrence and projective coverage increase, and abundance of heliophytes, especially grasses and herbs in the skidding corridors. In the corridors, there is an intensive growth of young trees and shrubs. After thinning, the projective coverage of the grass and shrub layer increases due to the growth of light-loving species.

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА ОБЫКНОВЕННОГО НА ОСНОВАНИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ИХ ПОТОМСТВ

Лось С.А.<sup>1</sup>, Нейко И.С.<sup>2</sup>, Смашнюк Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого  
(УкрНИИЛХА), Харьков, Украина, *svitlana\_los@ukr.net*

<sup>2</sup>ГП «Винницкая лесная научно-исследовательская станция» УкрНИИЛХА,  
Винница, Украина, *ihor\_neyko@ukr.net*, *smashnyuk.lyudmila@yandex.ua*

Важным этапом селекционного процесса является оценка плюсовых деревьев по росту и развитию их потомств. В работах 70-х-2000 гг. оценка часто ограничивалась определением существенности различий между средними диаметром и высотой потомств и контроля в испытательных культурах (Молотков, 1982; Ефимов, 2000 и др.). В более поздних исследованиях дополнительно определяли прямизну стволов и состояние потомств. Оказалось, что на практике часто потомства лидируют по одним показателям и отстают по другим. Так, например, потомства с высокой интенсивностью роста иногда имеют плохое качество стволов. Все это усложняет итоговую оценку плюсовых деревьев.

Методики сортоиспытания предусматривают бальную оценку комплекса показателей, суммирование баллов и определение вариантов, набравших сумму баллов выше контроля. Методики сортоиспытания лесных древесных растений в Украине (Патлай, Молотков, 2006, 2014) предусматривают определение интенсивности роста, качества стволов и состояния, с одной стороны, с другой отдельным блоком идет оценка устойчивости к нескольким факторам (зимостойкость, морозостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к повреждениям вредителями, болезням и загрязнению воздуха). Таким образом, происходит дублирование показателей устойчивости. Кроме того, большое количество показателей часто усложняет оценку.

Целью работы был поиск необходимого минимума репрезентативных показателей для комплексной оценки плюсовых деревьев дуба обыкновенного (*Quercus robur* L.) по потомству. Ранее в работах сотрудников лаборатории селекции УкрНИИЛХА были предложены различные методики комплексной оценки селекционного материала лесных древесных видов. Так, Н.Ю. Высоцкой (2010) была предложена комплексная оценка елей, Л.И. Терещенко (2013) – географических культур сосны обыкновенной. Для комплексной оценки потомств плюсовых деревьев дуба нами было предложено два подхода. Один из них базируется на оценке вариантов потомств по превышениям высот и диаметров над контролем в процентах, качества стволов – на основании процента деревьев I и II селекционных категорий, а состояние – на основании процента деревьев отличного и хорошего состояния (Лось, Нейко, Григорьева, 2012). Второй, более простой в применении, подход предусматривает оценку интенсивности роста на основании величины t-критерия, а качества и состояния – на основании

средних баллов по вариантам (Лось, 2015). На основании суммы баллов и в первом, и во втором случаях проводится комплексная оценка.

Сравнение двух названных подходов применительно к результатам исследования 6 участков испытательных культур дуба обыкновенного (3-х – в Левобережной части Украины и 3-х – в Правобережной) возрастом от 10 до 50 лет, показывает, что оба подхода имеют схожие результаты и могут быть использованы для оценки потомств плюсовых деревьев. С другой стороны, оценка на основании процентов превышений показателей роста и процента деревьев хорошего качества и состояния, более репрезентативна с селекционной точки зрения. Средний балл по варианту не дает информации о наличии и количестве в нем здоровых деревьев с качественными стволами, а эти показатели в значительной мере характеризуют селекционную ценность потомства.

## **COMPLEX EVALUATION OF ENGLISH OAK PLUS-TREE BY THEIR PROGENIES GROWTH AND DEVELOPMENT**

Los S.A.<sup>1</sup>, Neyko I.S.<sup>2</sup>, Smachnuk L.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>G.M. Vysotskiy Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkiv, Ukraine, *svitlana\_los@ukr.net*

<sup>2</sup>Vinnytsia Forest Research Station of URIFFM, Vinnytsia, Ukraine, *ihor\_neyko@ukr.net, smashnyuk.lyudmila@yandex.ua*

An important stage in the breeding process is the plus trees testing by growth and development of their progenies. In the research papers of 1970s -2000s, the evaluation was often limited to determining the significance of the differences between mean diameter and height of progenies and control in tests (Molotkov, 1982; Efimov, 2000, etc.). The straightness of the trunks and the state of the progenies were determined additionally in later studies. It turned out that in practice; the progenies are often leader by one characteristic and lag behind in others. For example, progenies with high growth intensity sometimes have poor trunks quality. All this complicates the total evaluation of the plus trees.

Variety testing methods provide a point evaluation of the complex of indicators, summation of points and determination of variants that amount of points above control. Methods of forest tree variety testing in Ukraine (Patlay, Molotkov, 2006, 2014) provide for the determination of the intensity of growth, the quality of the trunks and the state, on the one side, with another separate block, the resistance to several factors is evaluated (winter hardiness, frost resistance, drought resistance, pests, diseases and air pollution). Thus, there is a duplication of the stability indicators. In addition, a large number of indicators often complicates the assessment.

The aim of the work was to search for the necessary minimum of representative indicators for a complex evaluation of the English oak (*Quercus robur* L.) plus trees by progeny testing. Earlier, in the research papers of the laboratory of forest tree breeding of URIFFM, various methods for the integrated assessment of selection

material of forest tree species were proposed. So N.Yu.Vysotskaya (2010) was offered a complex assessment of spruce. Complex assessment of provenance tests of Scots pine was developed by L.I. Tereshchenko (2013). For a complex evaluation of the English oak plus trees progeny, we proposed two approaches. One of them is based on the variants evaluation of progeny in excess of heights and diameters above the control in percent, the quality of the trunks is based on the percentage of trees of the 1st and 2nd selection categories, and the condition is based on the percentage of trees of excellent and good condition (Los, Neyko, Grigorieva, 2012). The second, easier to apply approach involves estimating the growth intensity based on the value of the t-test, and the quality and condition – based on the average point on the variants (Los, 2015). On the basis of the sum of points, an integrated assessment is carried out in the first and second cases.

Comparison of the two approaches as applied to the results of a study of 6 plots of progeny test of English oak (3 in the Left-bank part of Ukraine and 3 in the Right-bank part of Ukraine) with an age of 10 to 50 years shows that both approaches have similar results and can be used to evaluate of plus trees progeny. On the other side, the assessment based on percentages of growth rates and the percentage of trees of good quality and condition is more representative from the selection point of view. The average score of variant does not give information about the presence and quantity of healthy trees with quality trunks in it, and these indicators largely characterize the breeding value of the progenies.

## **ПРОБЛЕМА УСЫХАНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО И УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

**Луферов А.О.<sup>1</sup>, Ковалишин В.Р.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>РДЛУП «Гомельлеспроект», Гомель, Беларусь, [antonyforest@mail.ru](mailto:antonyforest@mail.ru)

<sup>2</sup>Национальный лесотехнический университет Украины, Львов, Украина,  
[v\\_kovalyshyn@ntu.edu.ua](mailto:v_kovalyshyn@ntu.edu.ua)

Всего за 2016 год по Беларуси было повреждено 38,5 тыс. га сосняков с вырубаемым запасом более 1 млн м<sup>3</sup> (3 173 га требовали проведения сплошных санитарных рубок). По состоянию на 1 августа 2017 года в лесах Минлесхоза требуется проведение санитарно-оздоровительных мероприятий на площади более 20 тыс. га (в том числе сплошные санитарные рубки – почти на 20% указанной площади). Большая часть очагов распространена на территории Полесского региона: в Брестском ГПЛХО площадь участков, подлежащих сплошным санитарным рубкам, составляет 1 141 га, в Гомельском ГПЛХО – 1 629 га. Еще более серьезной выглядит ситуация в Украине, в особенности в Украинском Полесье. Только по официальным данным Государственного агентства лесных ресурсов Украины за 1-е полугодие 2017 года на территории Волынской, Киевской, Житомирской, Ровенской и Черниговской областей усыхание сосняков отмечено на территории около 80 тыс. га, из них, например, в Ровенской области процесс усыхания затронул около 18 тыс. га сосновых древостоев.

Отмечается трансформация комплекса стволовых вредителей сосны, а также повышение их активности. Так, встречаются виды короедов, нетипичные для Полесских лесов. Однако уже давно ясно, что короедное заселение – далеко не основная причина бедствия, а лишь следствие ослабления деревьев из-за климатических изменений, уменьшения количества осадков, а также снижения уровня грунтовых вод.

К сожалению, в настоящее время лесоводы Беларуси и Украины действуют не на опережение, а на устранение последствий усыхания. Существует довольно жёсткая законодательная регламентация касательно мероприятий, проводимых в усохших насаждениях. В частности, с принятием новых Санитарных правил, в лесах Украины в октябре 2016 года ужесточилась процедура проведения санитарных рубок (особенно сплошных санитарных рубок, которые теперь назначаются в случае снижения полноты менее 0,1). Новые санитарные правила были приняты под давлением общественности в связи с возможными злоупотреблениями при назначении и проведении сплошных санитарных рубок, однако общественные организации иногда не до конца осознают масштабы реально существующей проблемы. В Беларуси процесс назначения санитарно-оздоровительных мероприятий также проходит довольно длительную процедуру, однако уже сделан ряд законодательных стимулирований и послаблений в этом направлении.

На сегодняшний день можно сделать выводы, что частичным решением данной проблемы, которое бы влекло за собой наименьшее негативное экономическое и экологическое влияние, является: проведение сплошных санитарных рубок в счет лимита рубок главного пользования; возможный отказ на некоторое время от проведения рубок главного пользования и проходных рубок в сосняках лесхозов, наиболее затронутых проблемой усыхания; своевременное проведение санитарно-оздоровительных мероприятий с целью минимизации потери качества древесины; лесовосстановление поврежденных и вырубленных участков лесными культурами с большим участием лиственных пород. На поврежденных участках, которые входят в состав существующих ООПТ, возможно оставление части усохших насаждений с целью научного наблюдения последующей динамики развития таких участков. Такое решение также может являться частью компромисса с общественностью, поскольку данные участки будут выступать своего рода демонстрационными делянками. При этом должен вестись постоянный мониторинг их санитарного состояния, учитывая, что такие участки являются потенциальными очагами распространения стволовых вредителей сосны.



## THE PROBLEM OF *PINUS SYLVESTRIS* DIEBACK ON THE TERRITORY OF THE BELARUSIAN AND UKRAINIAN POLESYE

Luferov A.O.<sup>1</sup>, Kovalyshyn V.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SSFME "Gomellesproject", Gomel, Belarus, [antonyforest@mail.ru](mailto:antonyforest@mail.ru)

<sup>2</sup>Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine, [v\\_kovalyshyn@nltu.edu.ua](mailto:v_kovalyshyn@nltu.edu.ua)

About 38.5 thousand hectares of pine forests (with more than 1 million cubic meters of timber) were damaged in Belarus in 2016 (from this amount some 3 173 hectares of forest required clear sanitary felling). As for August 1, 2017 in the forests of Ministry of Forest Management of Belarus sanitary measures are required on area exceeding 20 thousand hectares (including clear sanitary felling to be done at 20% of this area). The largest areas affected by *Pinus sylvestris* dieback are located on the territory of Polesye region. Particularly, clear sanitary cuttings are required on area of 1 141 hectares in Brest State Forest Management Board and 1 629 hectares – in Gomel State Forest Management Board.

Current situation in Ukraine, especially in Ukrainian Polesye, is even more serious. According to the official data of State Agency of Forest Resources of Ukraine for the first half of 2017 on the territory of Volyn, Kiev, Zhytomyr, Rivne and Chernigiv region pine forests dieback was monitored on the territory of about 80 thousand hectares, among them, for example, in Rivne region process of *Pinus sylvestris* dieback has affected about 18 thousand hectares of the forest.

There is marked transformation of stem pests complex of *Pinus sylvestris*, and also increase of their activity. So, there are identified bark beetle spp., which are atypical for Polesye forests. It is clear that bark beetle settling is not the main cause of the disaster, but only consequence of trees debilitation due to climate changes, decrease of precipitation amount and decrease of underground water level.

Unfortunately, at the moment, foresters of Belarus and Ukraine do not act on prevention, but rather on elimination the consequences of pine forests dieback. There is quite strict legislative regulation regarding to appointment and conduction of sanitary measures. For example, with adoption of new Sanitary Rules in the forests of Ukraine in October 2016 the procedure of conducting sanitary measures was made much complicated (especially this concern clear sanitary cuttings, which are now appointed if the stand density decreases less than 0.1). New Sanitary Rules were adopted under public pressure due to possible abuses in designation and conduction of clear sanitary felling. At the same time, public organizations sometimes may not fully realize the extent of the real problem. In Belarus, the process of appointing sanitary measures also goes through quite long procedure, but number of some legislative incentives and indulgences has already been made in this regard.

Nowadays, it can be concluded that partial solutions of this problem, which would entail the least negative economic and environmental impact are: carrying out of clear sanitary felling in the limit of AAC of final felling; potential temporary refusal from final felling and commercial thinning in the pine forests at the enterprises most affected by *Pinus sylvestris* dieback; timely performance of sanitary measures aimed at minimization of loss of wood quality; reforestation of

damaged and cut down areas by forest cultures with large share of broadleaves species.

On the damaged areas included in the existing conservation zones and especially protected areas it is possible to leave some part of dieback stands with purpose of scientific research of dynamics of the sites. Such decision can also be a part of compromise with the public, as these sites will act as a kind of demonstration plot. At the same time should be provided constant monitoring of their sanitary status, because such areas are potential sources of *Pinus sylvestris* stem pests spreading.

## ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ И ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Макаров В.П.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия,  
*vm2853@mail.ru*

В Забайкальском крае актуальна проблема сохранения генетических ресурсов леса. Это связано преимущественно с деградацией лесов после пожаров, слабым возобновлением древесных пород в условиях засухи и повторных пожаров.

Наиболее распространена в регионе лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). В юго-западных районах произрастают гибридные популяции лиственницы Гмелина и л. сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) – л. Чекановского (*Larix × czekanowskii* Szafer). Сложный рельеф и разнообразие климатических условий в регионе, а также процессы гибридизации видов лиственницы обусловили значительное разнообразие популяций лиственницы по ряду морфологических признаков и свойств.

Нами исследована изменчивость лиственницы на примере 47 ценопопуляций в бассейнах рек Ингода, Онон, Шилка, Аргунь, Хилок и Чикой (34 – л. Гмелина, 13 – л. Чекановского). Для характеристики уровня изменчивости использована шкала С.А. Мамаева (1972) (очень высокий, уровень изменчивости более 40%; высокий, 31-40%; повышенный, 21-30%; средний, 13-20%; низкий, 8–12%; очень низкий, до 7%).

**Лиственница Гмелина** отличается повышенным уровнем изменчивости числа парастих, угла отклонения семенных чешуй, толщины сучьев и относительной протяженности кроны (отношение протяженности кроны к высоте ствола).

Средним уровнем изменчивости характеризуются ширина шишки, конфигурация плоскости, форма верхнего края и длина семенной чешуи, а также форма ствола, ширина, протяженность и форма кроны, длина хвои.

Другие признаки: интенсивность семеношения, длина и форма шишки, число семенных чешуй, степень опушения семенной чешуи, ширина семенной

чешуи, а также качество ствола, угол расхождения ветвей, число хвоинок в пучке проявляют низкий и очень низкий уровень варьирования.

*Лиственница Чекановского* характеризуется очень высоким уровнем изменчивости формы кроны (отношение протяженности к ширине), высокой изменчивостью формы верхнего края семенной чешуи и толщины сучьев.

Повышенный уровень изменчивости проявляют интенсивность семеношения, конфигурация плоскости семенной чешуи, протяженность кроны.

Средний уровень варьирования отмечен числа парастих и семенных чешуй, а также формы ствола, ширины кроны, числа хвоинок в пучке.

Такие признаки как длина, ширина и форма шишки, угол отклонения семенной чешуи, длина и ширина семенной чешуи, а также качество ствола, угол расхождения ветвей, длина хвои и относительная протяженность кроны показали низкий и очень низкий уровни изменчивости.

Сохранить разнообразие лиственницы в Восточном Забайкалье возможно путем выделения и охраны генетических резерватов, создания коллекционных культур, усиления охраны лесов от пожаров в регионе.

### *Литература*

*Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука. 1972. 273 с.

## **GEOGRAPHIC VARIATION OF THE CHARACTERISTICS OF GENERATIVE AND VEGETATIVE ORGANS OF LARIX IN EASTERN TRANSBAIKALIA**

Makarov V.P.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Chita, Russia, [vm2853@mail.ru](mailto:vm2853@mail.ru)

In Zabaykalsky Krai the urgent issue of conservation of genetic resources of the forest. This is due mainly to the degradation of the forests after fires, poor regeneration of tree species in drought and repeated fires.

The most common in the region the Gmelin larch (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). In the southwestern areas there are hybrid populations of *Larix gmelinii* and *L. Siberian* (*Larix sibirica* Ledeb.) – *L. czekanowski* (*Larix* × *czekanowskii* Szafer). A complex topography and diversity of climatic conditions in the region, as well as the processes of hybridization of larch species resulted in a significant diversity of populations of larch in a number of morphological characteristics and properties.

We studied the variability of larch in example 47 populations in the basins of the rivers Ingoda, Onon, Shilka, Argun, Khilok and Chikoi (34 – *L. gmelinii*, 13 – *L. czekanowskii*). To characterize the level of variability of the scale used S.A. Mamaev (1972) (very high level of variability, more than 40%; high, 31-40%; elevated, 21-30%; medium, 13-20%; low, 8-12%; very low, up to 7%).

The *L. gmelinii* is characterized by high level of variability in the number parastichies, angle of seed scales, thickness of branches and the relative length of the crown (the ratio of crown length to height of stem).

The average level of variability is characterized by the width of the bumps, the configuration of the plane form of the upper edge and the length of the seed scale and the shape of the trunk, the width, the length and shape of the crown, length of the needles.

Other characteristics: seed-bearing intensity, length and shape of the cones, the number of seed scales, the degree of pubescence of seed scale, the width of the seed scale and the quality of the barrel, the angle of divergence of the branches, the number of needles in the beam exhibit low and very low level of variation.

The *L. czekanowski* is characterized by a high degree of variation in crown shape (ratio of length to width), high variability of the shape of the upper edge of seed scale and the thickness of the boughs.

The increased level of variability show the intensity of reproduction, the configuration plane of the seed scale, the length of the crown.

The average level of variation observed in the number parastichies and seed scales, and the shape of the stem, crown width, number of needles per fascicle.

Such features as length, width and shape of the cones, the angle of deviation of seed scale length and width, seed scale and the quality of the barrel, the divergence angle of branches, length of needles and the relative crown length showed low and very low drop variability.

To preserve the diversity of larch in Eastern Transbaikalia possible through the allocation and protection of genetic reserves, the creation of a collection of cultures, strengthening of protection of forests from fires in the region.

### ***References:***

*Mamaev S.A.* Forms of intraspecific variation of woody plants. Moscow: Nauka. 1972. 273 p.

## **НАГОЙСКИЙ ПРОТОКОЛ К КОНВЕНЦИИ О БИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ: ОБЯЗАТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПО ЕГО СОБЛЮДЕНИЮ**

Макеева Е.Н., Гузенко Е.В.

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, [belarusnpabs@gmail.com](mailto:belarusnpabs@gmail.com)

В настоящее время во всем мире уделяется большое внимание проблемам охраны генетических ресурсов и традиционных знаний. Согласно определению, данному в статье 2 Конвенции о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 05.06.92), «**генетические ресурсы**» – это генетический материал, представляющий фактическую или потенциальную ценность и подразумевающий собой любой материал растительного, животного, микробного или иного происхождения, содержащий функциональные единицы наследственности. Генетические ресурсы в более широком аспекте

рассматриваются как «биологические ресурсы», т.е. это любые живые организмы или их части, включая генетически-модифицированные организмы.

Последние десятилетия характеризуются стремительным ростом использования генетических ресурсов в разных сферах производственной деятельности. Генетические ресурсы стали объектом коммерческого интереса, в результате чего проблемы их изучения, сохранения и рационального использования напрямую связываются с вопросами политики и экономики. Это объясняет тот факт, что 197 стран мира подписали Конвенцию о биологическом разнообразии (Республика Беларусь с 1993 г.), из которых 193 страны – члены ООН. Многие из этих стран являются Сторонами Нагойского и Картахенского протоколов к Конвенции, обеспечивая эффективное выполнение целей и задач как самой Конвенции и протоколов к ней, так и Айтинских целевых задач по биоразнообразию.

Нагойский протокол регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения вступил в силу в 2014 г., что явилось выполнением 16-й Айтинской целевой задачи. Республика Беларусь (РБ) присоединилась к Нагойскому протоколу в мае 2014 г. и в период 2014-2016 гг. были приняты необходимые административно-организационные меры для выполнения указанного протокола в нашей стране: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды назначено государственным органом, ответственным за выполнение Нагойского протокола в РБ (Указ Президента РБ № 235 от 22.05.2014), создан Национальный координационный центр по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод, на который возложены функции Контрольного пункта мониторинга использования генетических ресурсов (Постановление Совета Министров № 933 от 01.10.2014). В настоящее время Нагойский протокол в РБ имеет статус закона и должен соблюдаться всеми заинтересованными юридическими и физическими лицами. Положения международных договоров должны быть реализованы в рамках национальных законодательств, что может потребовать либо установления новых правовых актов, либо изменения существующих. Швейцария после ратификации Нагойского протокола внесла соответствующие изменения в Закон об охране природного и культурного наследия; Германия, Финляндия, Мальта изложили институциональные компетенции, установили правоприменительные полномочия и определили возможные санкции за нарушения Нагойского протокола в соответствующих законах. В ряде стран (Уганда, Коста-Рика, Филиппины и др.) приложениями к законным актам служат формы предварительного информированного согласия, разрешения доступа к генетическим ресурсам, уставные инструменты доступа к информации и др. документы, упорядочивающие систему учета, контроля и мониторинга сделок (соглашений). В Индии создана система соблюдения Нагойского протокола с руководящими органами на национальном, государственном и местном уровнях. Законодательство Индии включает как общие правила по совместному использованию выгод, так и фактические рекомендации по финансовым обязательствам; прописаны

процедуры подачи заявки (различные для резидентов и нерезидентов), установлены четыре вида заявочных форм в зависимости от цели получения доступа к генетическим ресурсам, предусмотрены специальные процедуры для образцов с высокой экономической ценностью. Однако разработанная система в большей степени сфокусирована на регулировании доступа к ресурсам, чем на совместном использовании выгод. Республика Беларусь изучает накопленный международный опыт с целью совершенствования национальных административно-правовых механизмов соблюдения Нагойского протокола.

## **NAGOYA PROTOCOL TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY: OBLIGATIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND INTERNATIONAL EXPERIENCE IN ITS COMPLIANCE**

Makeyeva E.N., Guzenko E.V.

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Belarus, *belarusnpabs@gmail.com*

Now, a great deal of attention is being paid worldwide to the protection of genetic resources and traditional knowledge. As defined in Article 2 of the Convention on Biological Diversity (Rio de Janeiro, 5 June 1992), "genetic resources" means a genetic material that is of actual or potential value and implies any material of plant, animal, microbial or other origin containing functional units of heredity. Genetic resources in a broader context are considered as "biological resources", i.e. any living organisms or parts thereof, including genetically modified organisms.

Last decades have seen a rapid increase in use of genetic resources in various areas of production activity. Genetic resources have become an object of commercial interest and, as a result, the problems of their study, conservation and rational use are directly linked both to political and economic issues. This explains that 197 countries of the world have become signatories to the Convention on Biological Diversity (the Republic of Belarus since 1993) accounting 193 countries that are UN member states. Many of these countries are Parties to the Nagoya and Cartagena Protocols to the Convention, ensuring effective implementation of the goals and objectives of both the Convention and its Protocols and the Aichi Biodiversity Targets.

The Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization entered into force in 2014, which was the implementation of 16th Aichi Target. The Republic of Belarus acceded to the Nagoya Protocol in May 2014 and over the period of 2014-2016, administrative and organizational measures were taken to implement the Protocol in our country: the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection was appointed as the state body accountable for the Nagoya Protocol implementation in Belarus (the Presidential Decree of May 22, 2014 No. 235); the National Coordination Center on Access to Genetic Resources and Benefit-sharing was

established and entrusted with the Checkpoint functions to monitor the utilization of genetic resources (Resolution of the Council of Ministers of October 1, 2014 No. 933). At present, the Nagoya Protocol has the status of law in the Republic of Belarus and must be observed by all legal entities and individuals. The provisions of international treaties should be implemented within the framework of national legislations, which may require either the establishment of new legal acts or modification of the existing ones. Following ratification of the Nagoya Protocol, Switzerland has amended the Law on Protection of Natural and Cultural Heritage; Germany, Finland, and Malta have presented institutional competencies, established enforcement powers and identified possible sanctions for violations of the Nagoya Protocol in relevant laws. In a number of countries (Uganda, Costa Rica, the Philippines, and etc.), annexes to legal acts are in the forms of prior informed consents, permits for access to genetic resources, statutory instruments of access to information and other documents that regularize the system for recording, control and monitoring of transactions (agreements). India has established a system of compliance with the Nagoya Protocol by governing bodies at the national, state and local levels. Legislation of India includes both general rules on benefit-sharing and actual recommendations on financial obligations; procedures to submit an application (different for residents and non-residents) are prescribed; four types of application forms have been approved depending on the purpose of gaining access to genetic resources; special procedures for high economic value specimens have been established. However, the developed system is more focused on regulating access to resources rather than on benefit-sharing. The Republic of Belarus is studying the accumulated international experience with a view to improving national administrative and legal mechanisms for compliance with the Nagoya Protocol.

## **ГЕНОГЕОГРАФИЯ *PICEA ABIES* (L.) KARST. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Маркевич Т.С.<sup>1</sup>, Каган Д.И.<sup>1</sup>, Падутов В.Е.<sup>1</sup>, Парфенов В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [forinstnanb@gmail.com](mailto:forinstnanb@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь, [nan.botany@yandex.by](mailto:nan.botany@yandex.by)

В белорусской части ареала еловая формация характеризуется зональной изменчивостью – от области сплошного распространения на севере до островных местообитаний на юге, отличаясь комплексом условий произрастания. Вследствие этого процессы формирования популяционной структуры ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в Беларуси имеют региональные особенности, обусловленные различной степенью давления микроэволюционных факторов. Кроме того, на ее популяционную структуру влияют периодические массовые усыхания, ветровалы, лесозаготовительные мероприятия и прочие факторы, что в целом предопределяет необходимость проведения специальных лесохозяйственных мероприятий по возобновлению

ельников. Выявление особенностей географического распределения фено- и генофонда *P. abies* дает возможность усовершенствовать ведение лесного хозяйства и лесосеменное районирование этого вида в Беларуси, особенно с учетом климатических изменений.

Использование комплексного подхода для анализа популяционной структуры позволяет дать более полную оценку о состоянии генофонда вида. В настоящее время изучение популяционных процессов проводится не только на основе морфологических признаков – феномаркеров, являющихся визуальным проявлением особенностей ядерной ДНК, но и с использованием маркеров, позволяющих непосредственно анализировать ДНК, как ядерную, так и цитоплазматическую. В первом случае, маркеры позволяют охарактеризовать направление и силу естественного отбора, в то время как цитоплазматическая ДНК не связана со свойствами растений адаптироваться к тем или иным условиям среды.

В ходе проведенных фенетических исследований *P. abies*, произрастающей на территории Беларуси, установлены систематические группы особей, отличающиеся по форме семенной чешуи, – тупо- и острочешуйчатые. В Брестской области, по установленным нами данным, тупочешуйчатые формы в среднем составляют 53%, а острочешуйчатые – 47%, в Гомельской соответственно – 52% и 48%, в Могилевской – 50% и 51%, в Минской – 68% и 32%, в Витебской – 71% и 29%. При этом незначительное преобладание тупочешуйчатых форм отмечено в Брестской и Гомельской областях, в Могилевской же частота встречаемости практически одинакова, а в Минской и Витебской тупочешуйчатые варианты встречаются чаще (значения выше в 2,0-2,5 раза). Отмечено также уменьшение в долевого составе тупочешуйчатых форм в направлении с севера на юг, что объясняется филогенией вида и связано с распространением тупочешуйчатых форм из бореального центра происхождения, а острочешуйчатых форм – из карпатского. В то же время постепенное продвижение острочешуйчатых форм на север, несмотря на изоляцию в настоящее время карпатского центра, показывает их возможность адаптироваться к иным условиям произрастания.

Проведенный генетический анализ митохондриальной ДНК по локусу *mt15-D02* показал, что в исследуемых ельниках Беларуси произрастают особи, как карпатского (аллельный вариант имеет размер в 1 249 п.н.), так и бореального (753 п.н.) происхождения. При этом карпатский митотип обнаружен в основном в юго-западной части страны, где средняя частота встречаемости составляет 88%.

Как следует из полученных результатов, распространение вариантов митохондриальной ДНК не в полной мере соответствует географическому распределению феномаркеров. Проявление фенотипов контролируется ядерной ДНК, имеющей высокую степень рекомбинации и передающейся как по материнской, так и по отцовской линии, в отличие от митохондриальной ДНК, которая наследуется по материнской линии. Следовательно, фенетическая структура *P. abies* соответствует генетической структуре популяций, в первую очередь формируемой за счет отцовского, а не материнского вклада.



## СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПУТЁМ СОЗДАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Матвеева Р.Н., Братилова Н.П., Щерба Ю.Е.

Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнёва, Красноярск, Россия, [selekcia@sibgtu.ru](mailto:selekcia@sibgtu.ru)

В течение нескольких поколений формируются популяции сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), в которых отмечается большая изменчивость отдельных экземпляров по интенсивности роста, репродуктивному развитию и другим показателям (Ирошников, 1974). Отбор деревьев целевого назначения по фенотипу с определением общей комбинационной способности (ОКС) по семенному потомству имеет большое селекционное значение. Отселектированные деревья по ОКС размножают прививкой с целью выращивания генетически ценного посадочного материала (Щерба, Гришлова, 2015).

Исследования в данном направлении проводятся на кафедре селекции и озеленения СибГУ им. академика М.Ф. Решетнёва с 1960 года. Созданы лесные культуры при разной технологии посадки – рядовая, площадками; при разной сомкнутости полога леса и на открытых местах; плантации с использованием разной густоты посадки.

В качестве посадочного материала использованы сеянцы разного географического происхождения, выращенные из семян, собранных в 80-ти популяциях, включающих насаждения Бурятии, Тывы, Коми и других регионов. Кроме этого с плюсовых деревьев, аттестованных по семенной и стволовой продуктивности, выращен посадочный материал при семенном и вегетативном размножении, отселектированы раметы и полусибы, и созданы плантации на площади более 50 га.

Результаты исследований показали, что отселектировать экземпляры по интенсивности роста, раннему репродуктивному развитию можно, выращивая семенное и вегетативное потомство в открытом месте при редком их размещении. Лучшие результаты были получены при схеме посадки 8 × 8 м. На открытых участках были выделены экземпляры с ранним женским или мужским типами развития. Размножая их, можно вырастить посадочный материал для создания плантации раннего, обильного семеношения не только используя экземпляры, формирующиеся по женскому типу развития, но и по мужскому. Согласно литературным данным (Некрасова, 1982) репродуктивное развитие у данного биологического вида начинается с образования шишек, то есть по женскому типу и только через 7-8 лет у них формируется пыльца. Наши исследования показали, что наблюдается изменчивость и по этому показателю. Единичные экземпляры первоначально формируют пыльцу и в последующем или сформировать их минимальное количество. Данные экземпляры также предполагается размножить и использовать в качестве опылителей при формировании плантации раннего, обильного семеношения.

Работа выполнена в рамках гранта по конкурсу «УМНИК (IV квартал 2016 г.)» Фонда содействия инновациям по договору № 11793ГУ/2017 от 03.07.2017 г.

### **Литература**

1. *Ирошников А.И.* Полиморфизм популяций кедров сибирского // Изменчивость древесных растений Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1974. С. 77–103.
2. *Некрасова Т.П.* Биологические основы семеношения кедров сибирского. Новосибирск: Наука СО АН СССР, 1972. 274 с.
3. *Щерба Ю.Е., Гришлова М.В.* Показатели однолетних гомопластических и гетеропластических прививок кедровых сосен // Хвойные бореальной зоны. Красноярск, 2015. Т. XXXIII. № 5–6. С. 248–252.

## **CONSERVATION OF GENETIC RESOURCES OF PINUS SIBIRICA DU TOUR BY CREATING SELECTION OBJECTS**

Matveeva R.N., Bratilova N.P., Shcherba Iu.E.

M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia,  
*selekcia@sibgtu.ru*

For several generations, Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) populations are formed, in which there is a large variability of individual trees by growth rates, reproductive development and other indicators (Iroshnikov, 1974). The selection of trees of a special purpose by the phenotype with the definition of the total combination ability (TCA) for the seed offspring is of great breeding importance. The selected trees according to the TCA are propagated by grafting in order to grow a genetically valuable planting material (Shcherba, Gryshlova, 2015).

Research in this direction is conducted at the Department of Selection and Gardening of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology since the 1960s. Forest cultures have been created with different planting technology – in lines, by platforms; with different standing of canopy density and in open places; plantations using different planting density.

Seedlings of different geographical origin, grown from seeds harvested in 80 populations, including plantations of Buryatia, Tyva, Komi and other regions, were used as a planting stock. In addition, from plus trees that have been certified by seed and stem production, planting material has been grown by seed and vegetative propagation, the ramets and half-sibs have been selected, and plantations have been created on an area of more than 50 hectares.

The results of the research showed that it is possible to select specimens according to the intensity of growth, early reproductive development can be achieved by growing seed and vegetative offspring in an open area with their rare location. The best results were obtained with a planting scheme of 8 × 8 m. In open areas, specimens with early female or male types of development were isolated. By multiplying them, it is possible to grow a planting stock to create a plantation of

early, abundant seeding, not only using specimens that are formed by the female type of development, but also by the male. According to the literary data (Nekrasova, 1982) reproductive development in this species begins with the formation of cones, that is, in the female type and only 7-8 years later they form pollen. Our studies showed that variability is also observed in this indicator. Single specimens initially form pollen and in the subsequent or form a minimum amount. These specimens are also supposed to be propagated and used as pollinators in the formation of a plantation of early, abundant seed.

*The research was conducted within the framework of the grant of competitions "UMNIK (IV quarter of 2016)" Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises, contract No. 11793ГУ/2017 of July 3, 2017.*

### **References:**

1. *Iroshnikov A.I.* Polymorphism of Cedar Siberian populations // Variability of woody plants in Siberia. Krasnoyarsk: ILID of the SB AS USSR, 1974. P. 77–103.
2. *Nekrasova T.P.* Biological bases of Siberian pine cedar seeding. Novosibirsk: Science of the SB AS USSR, 1972. 274 p.
3. *Shcherba Iu.E., Gryshlova M.V.* Indicators of annual homoplastic and heteroplastic grafts of cedar pines // Coniferous boreal zone. Krasnoyarsk, 2015. Vol. XXXIII. No. 5–6. P. 248–252.

## **К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИМОРФИЗМА ХОЗЯЙСТВЕННО ЗНАЧИМЫХ ВИДОВ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА**

### ***ERICACEAE***

#### **Маховик И.В.**

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, *makhavik@gmail.com*

Работы по интродукции хозяйственно значимых видов растений, как правило, предваряются оценкой их генетических ресурсов, изучением, прежде всего, морфологической изменчивости в максимально доступной части ареала их произрастания. Результатом таких работ становятся коллекции форм с хозяйственно значимыми признаками, которые широко используются для целей селекции, и получение сортов, способных удовлетворять потребности производства.

Важнейшим этапом исследований, зачастую определяющим не только результат, но и возможность его получения, является подбор, адаптация или разработка методики их проведения. Для изучения ягодных растений с целью интродукции особого внимания заслуживают утвержденные методики проведения сортоиспытаний исследуемых, либо близких к ним, видов. Так, при отборе признаков растений, описываемых в ходе обследования естественных ценопопуляций, на наш взгляд, минимальным является перечень признаков, приведенный в методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС).

Для оценки на ООС используют такие признаки, которые не варьируют или варьируют незначительно в пределах сорта. Однако для ягодных растений семейства *Ericaceae* это справедливо лишь для полевых сравнительных испытаний, но в условиях плантационного выращивания при проведении учетов с соблюдением большого количества ограничений и допущений, зачастую субъективных.

Многолетние, систематические исследования показывают, что значения большинства количественных, а также ряда псевдокачественных признаков отдельно взятых ягодных растений семейства *Ericaceae* значительно варьируют. Причем пределы и скорость изменения значения признака зависят и обусловлены экологическими факторами, фазой фенологического развития, на которой находится растение или описываемый орган в момент наблюдения, возрастом растения в целом и его отдельных частей. Если для количественных признаков это очевидно, то для псевдокачественных признаков, таких как форма листа, тип роста растения, форма продольного сечения ягоды, форма поперечного сечения ягоды и другие, можно привести несколько примеров. Так, в условиях дефицита водного питания, у голубики топяной даже созревшие ягоды могут иметь ребристую форму поперечного сечения. Форма края листовой пластинки черники обыкновенной и голубики топяной в пределах одного побега может изменяться от ланцетной, через яйцевидную и эллиптическую до почти прямоугольной.

Часть вопросов позволяет снять проведение полевых сортоиспытаний с использованием сортовых коллекций, однако для видов, являющихся объектом наших исследований, подобные испытания сопряжены с чередой трудностей. Во-первых, для черники обыкновенной, голубики топяной и брусники обыкновенной отсутствует достаточное количество сортов-эталонов для определения степени выраженности признаков при испытаниях на ООС. Во-вторых, все изучаемые виды – многолетники, и получение необходимого количества одновозрастных плодоносящих растений является длительным процессом. В-третьих, не для всех исследуемых видов в достаточной степени изучены вопросы оптимизации условий плантационного выращивания (минеральное питание брусники обыкновенной, условия освещения при культивировании черники обыкновенной), что затрудняет или делает невозможным проведение полевых испытаний.

Таким образом, описание признаков ягодных растений семейства *Ericaceae* с учетом их отличимости в ходе обследования естественных ценопопуляций требует жесткого соблюдения ряда определяющих условий, зачастую отдельных для каждого из признаков.

*Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ Б17-061.*

**TO THE TECHNIQUE OF STUDYING OF POLYMORPHISM OF  
ECONOMICALLY SIGNIFICANT SPECIES OF BERRY PLANTS OF THE  
*ERICACEAE* FAMILY**

Makhavik I.V.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*makhavik@gmail.com*

Works on the introduction of economically significant species of plants, as a rule, are preceded by assessment of their genetic resources studying, first of all, of morphological variability in the most available part of the area of their growth. Collections of forms with economically significant features which are widely used for selection and receiving the grades capable to satisfy requirements of production become the result of such works.

The most important stage of research often determines not only the result, but also a possibility of receiving selection, adaptation or development of a technique of their carrying out. For studying of berry plants for the purpose of introduction special attention to the approved techniques of carrying out the sort trial, investigated or close to them, is necessary. So, at selection of features of the plants described during inspection of natural cenopopulation, in our opinion, the list of features provided in a technique of carrying out tests for distinguishability, uniformity and stability (DUS) is minimum.

For assessment on DUS we use such features which, don't vary or vary slightly within a grade. However for berry plants of the *Ericaceae* family it is fair only for field comparative tests, but in the conditions of plantation cultivation when making accounts with respect for a large number of restrictions and assumptions, they are often subjective.

Long-term, systematic research shows that values of the majority of quantitative and also a number of pseudo-qualitative features of separately taken berry plants of the *Ericaceae* family considerably vary. And limits and speed of change of feature value depend and are influenced by ecological factors, a phase of phenological development on which there is a plant or the described body at the time of observation, age of a plant in general and its separate parts. If we take quantitative features, it is obvious, but as for pseudo-qualitative features, such as leaf form, type of growth of a plant, form of longitudinal section of a berry, form of cross section of a berry and others, it is possible to give several examples. So, in the conditions of deficiency of water food, in blueberry uliginose even the ripened berries can have the ridge form of cross section. The form of the edge of a sheet plate of the bilberry and the blueberry uliginose within one sprout can change from lanceolate, ovoid and elliptic to almost rectangular one.

Part of questions allows removing carrying out field sort trial with use of high-quality collections, however for the types which are an object of our research similar tests are accompanied by series of difficulties. First, for the bilberry, the blueberry uliginose and the cowberry there are no enough grades standards for identification of a degree of expressiveness of features at tests on DUS. Secondly, all studied types – perennials, and obtaining the necessary quantity of the even-aged fructifying

plants is a long process. Thirdly, not for all studied types questions of optimization of conditions of plantation cultivation are sufficiently studied (mineral food of the cowberry, lighting conditions at cultivation of the bilberry), which complicates or makes impossible carrying out field tests.

Thus, the description of features of berry plants of the *Ericaceae* family taking into account their distinguishability during inspection of natural cenopopulation demands strict observance of a number of the determining conditions, often separate for each of the features.

*This study was supported by the BRFFR project No B17-061.*

## ОПЫТ 25-ЛЕТНЕГО ХРАНЕНИЯ *IN VITRO* КОЛЛЕКЦИИ ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Машкина О.С.<sup>1,2</sup>, Табацкая Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, [mashkinaos@mail.ru](mailto:mashkinaos@mail.ru)

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия,  
[ilgis@lesgen.vrn.ru](mailto:ilgis@lesgen.vrn.ru)

Длительное поддержание *in vitro* коллекции микрорастений хозяйственно-ценных биотипов листовенных древесных растений – один из эффективных подходов их сохранения (консервации *ex situ*). Коллекция 6-ти клонов карельской березы (*B. pendula* Roth var. *carelica* Merkl.) с узорчатой текстурой древесины поддерживается нами на протяжении 25 лет в условиях нормального роста и редкого (раз в 5-6 месяцев) субкультивирования на питательных средах без гормонов с периодической проверкой характеристик коллекционного материала и высадкой растений в почву. Это устойчиво пролиферирующие культуры, адаптированные к условиям культивирования *in vitro*, сохраняющие ценные признаки и свойства исходных экземпляров.

В процессе длительного культивирования все клоны демонстрировали высокую жизнеспособность, регенерационную активность и ювенильность; сохраняли плоидность (диплоиды –  $2n = 28$  или триплоиды –  $2n = 42$ ) и молекулярно-генетические особенности исходных экземпляров. Не проявляли видимых признаков соматклональной изменчивости. Напротив, мутантный клон березы (представляющий интерес для изучения генетики морфогенеза) сохранял свой отклоняющийся от нормы фенотип.

Полевые испытания (теплица, питомник) клонов разной длительности хранения *in vitro* (год, 5 лет, 6 лет, 17 лет и 25 лет) демонстрируют их высокую приживаемость (75-96%) и сохранность (80-97%). Отмечено проявление у всех без исключения растений признаков узорчатости древесины (внешних и на анатомическом уровне); сохранение специфичных для их исходных генотипов особенностей роста и внутриклоновая однородность. Это создает основу использования коллекции *in vitro* для сохранения и устойчивого воспроизводства ценных генотипов карельской березы методами биотехнологии.

Таким образом, показана возможность долгосрочного (в течение 25 лет) культивирования *in vitro* с использованием безгормональных питательных сред 6-ти клонов карельской березы с сохранением их биотехнологических параметров, генетических и селекционных (при высадке растений в почву) особенностей исходных экземпляров.

## **25 YEARS' EXPERIENCE OF *IN VITRO* STORAGE OF VALUABLE KARELIAN BIRCH GENOTYPES COLLECTION**

Mashkina O.S.<sup>1,2</sup>, Tabatskaya T.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State University, Voronezh, Russia, *mashkinaos@mail.ru*

<sup>2</sup>Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia, *ilgis@lesgen.vrn.ru*

The long-term *in vitro* storage is one of the most efficient approaches for the *ex vitro* conservation of valuable deciduous tree biotypes. For 25 years, we have been maintaining the collection of six Karelian birch clones (*B. pendula* Roth var. *carelica* Merkl.) having patterned wood under the conditions of normal growth and rare subcultivation (once in 5-6 months) on hormone-free media, with periodic control of their characteristics and planting the specimens in the ground. They represent steadily proliferating cultures adapted to *in vitro* cultivation and preserving valuable features of the original plants.

During the long-term cultivation all of the clones have demonstrated high viability, regeneration activity and juvenility; ploidy (diploids,  $2n = 28$  or triploids,  $2n = 42$ ) as well as molecular and genetic peculiarities of the original specimens. There were no visible signs of somaclonal variability. On the contrary, a mutant birch clone (that would be of interest for studies on the genetics of morphogenesis) has preserved its aberrant phenotype.

Field trials (in the greenhouse and nursery garden) of the clones of different *in vitro* storage duration (a year, 5 years, 6 years, 17 years and 25 years) have shown their high survival and preservation ability (75-97%). All the plants have manifested their wood pattern on both external and anatomical levels and have preserved the specific growth characteristics and intraclonal homogeneity. This provides the ground for using *in vitro* collection for conservation and sustainable reproduction of valuable Karelian birch genotypes by biotechnology methods.

Possibility of the long-term *in vitro* storage (up to 25 years) using a hormone-free media has been demonstrated based on six Karelian birch clones with preservation of their biotechnological, genetic and breeding characteristics when planting in the soil.

# СТАНОВЛЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

Милютин Л.И.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия,  
*unstitute\_forest@ksc.krasn.ru*

В 2019 году лесная генетика и селекция в России, а также в республиках бывшего СССР будет отмечать своеобразный юбилей. 75 лет тому назад в августе 1944 года под руководством академика В.Н. Сукачева был создан Институт леса АН СССР, в структуре которого впервые в стране была организована специализированная лаборатория лесной генетики и селекции, которую возглавил ученик и соратник В.Н. Сукачева, проф. Л.Ф. Правдин. Конечно, и до этого события в стране проводились генетико-селекционные исследования лесных древесных растений. Например, создавались географические культуры лесных пород, проводились опыты по индуцированному химическому мутагенезу и т.д., однако отсутствовали специализированные научные лаборатории и кафедры в вузах, не издавались учебники и монографии, посвященные данной отрасли науки. Открытие специализированной лаборатории в Институте леса стимулировало развитие генетико-селекционных исследований в других научных учреждениях.

К сожалению, расцвет отечественной лесной генетики и селекции оказался недолговечным. Ровно через 4 года в августе 1948 года состоялась печально известная сессия ВАСХНИЛ, которая завершилась разгромом научных учреждений и ученых, работавших в области классической генетики. В лесных вузах вместо генетики и селекции в учебные программы начали вводить различные суррогатные курсы типа «Основы дарвинизма» и т.п., а преподавателей, не согласных с такими новшествами, безжалостно увольняли. Этому печальному периоду в истории отечественной биологии посвящено много фундаментальных исследований, однако в них, к сожалению, не отражено пагубное влияние этого периода на развитие лесной генетики и селекции, в частности на уровень знаний молодых специалистов лесного хозяйства.

Возрождение отечественной лесной генетики и селекции началось в начале 60-х годов прошлого века вместе с возрождением всей биологической науки. Особо важную роль в этом процессе сыграло проведенное в 1967 году в г. Петрозаводске масштабное совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству. Наиболее высокими темпами развивалась лесная селекция. Была создана сеть географических культур, которая впоследствии явилась основой лесосеменного районирования территории страны, проводилась селекционная инвентаризация лесов, разрабатывались методы закладки лесосеменных плантаций и т.д. Лесная генетика развивалась более медленными темпами, т.к., во-первых, деревья не являются удобными объектами для генетических исследований, а во-вторых, лесоводы в большинстве своем не имели достаточных генетических знаний. Бурное развитие лесной генетики началось в 70-х годах прошлого века, когда были



разработаны методы изучения внутри- и межвидовой генетической изменчивости популяций лесных древесных растений с помощью анализа изоферментов и исследования ДНК-полиморфизма. Ведущую роль в этих работах сыграли академик Ю.П. Алтухов, его ученики и последователи.

## **THE FORMATION OF NATIONAL FOREST GENETICS AND BREEDING** **Milyutin L.I.**

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
*institute\_forest@ksc.krasn.ru*

In 2019, there will be an anniversary of the forest genetics and breeding of Russia and other republics of the former USSR. August 1944, almost 75 years ago, was when the Institute of Forest of the Russian Academy of Sciences was established under the direction of Academician Sukachev, which was the first research institution in the USSR to include the laboratory of forest genetics and breeding. The laboratory was at that time headed by Sukachev's student and adherent Prof. Pravdin. There certainly had been research studies concerning woody plant genetics and breeding in this country before this laboratory was organized. These studies included, among other things, provenance trials of forest tree species and experiments on induced chemical mutagenesis. However, there were no forest genetics laboratories or departments at universities, no manuals or monographs dealing with this research issue were published. Establishing the Laboratory of Forest Genetics and Breeding at Sukachev Institute of Forest enhanced studies in this field at other research institutions of the country.

Unfortunately, the flourishing of home forest genetics and breeding did not last long. In four years exactly, in August 1948, the infamous conference of the USSR Academy of Agriculture was held, which put all institutes and researches interested in classic genetics "under press". In educational programs of forest colleges, genetics courses were substituted for by surrogate courses like "Fundamentals of Darwinism" and the teachers who did not agree to these substitutions were simply fired. Although there are many works analyzing this infamous period of home biology, no one of them mentions the baneful influence this period had on the development of forest genetics and breeding, an particularly on the level of knowledge of young forestry specialists.

The renaissance of home forest genetics and breeding began, along with that of biology in general, in the early 1960s. An important spur was a big meeting on forest genetics, breeding, and seed growing held in Petrozavodsk in 1967. Forest breeding developed most rapidly. A network of provenance trial was established, which was later based upon for dividing the country into seed-growing zones. Apart from that, breeding-aimed forest inventory was regularly carried out and methodologies of forest seed plantations were developed. Forest genetics progressed more slowly, because trees are slow-response objects and because most forest specialists had insufficient knowledge of genetics. Forest genetics gained

momentum in early 1970s, when new methods were developed enabling to study intra- and interspecific genetic variability in forest woody plant populations with the help of analyses of isozymes and DNA-polymorphism. The most well-known contributors to these studies were Academician Altukhov, his students, and followers.

## **ПРОБЕЛЫ СО ВРЕМЁН СССР В СОХРАНЕНИИ, ВОСПРОИЗВОДСТВЕ И РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (ЛГР) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЫ**

Минлебаев Г.В.

Фермер, частный пункт интродукции, селекции и сортового семеноводства ценных, редких исчезающих и краснокнижных видов, Казань, Россия, [gusalbulg@ya.ru](mailto:gusalbulg@ya.ru)

Согласно общепринятым определениям: а) теоретической основой селекции является генетика; б) единицей наследственности принято считать ген; в) совокупность генов данной клетки или организма составляют его генотип.

Ещё в 1912 г. Н. Нестеров подчёркивал, что наследственность и искусственный отбор должны быть краеугольным камнем выращивания / селекции леса. Эффективность селекции в основном зависит от путей и возможности её достижения (Н. Вавилов, 1987).

Сегодня, на взгляд автора доклада, упущен, не понят лесной наукой, важнейший путь селекции. Важной частью селекционной программы является изучение исходного материала вида, включая его генотип. В условиях многовековой эксплуатации лесов, т.е. с каждой рубкой и с каждым созданием насаждений и последующей рубкой этих насаждений, генотип древесных видов меняется в сторону ухудшения. Это происходит вследствие, как ныне выражаются в научном лесном и агросообществе, "эффекта биологического разбавления" содержания микроэлементов (МЭ) в почве лесных территорий, потребляемых древесными растениями при росте леса, а затем удалённых, вывезенных в составе древесины. Интенсивные технологии сопровождаются ещё более стремительным отчуждением МЭ из корнеобитаемого слоя почвы с удалённой с данной территории древесиной. Конечно, существует комплекс адаптивных реакций растений, который позволяет им приспособляться с большей или меньшей эффективностью к условиям дефицита микроэлементов в почве эксплуатируемых лесных территорий, но, например, не более чем до 3-х рубок. Но МЭ участвуют в синтезе ДНК, генов, а значит и генотипа. Например, кобальт участвует в синтезе ДНК. Цинк участвует в синтезе нуклеиновых кислот – основного генетического материала. Т.е. после каждой рубки увеличивается дефицит МЭ, меняется генотип, происходит изменение, ухудшение генетических ресурсов. Возникают генные мутации, т.к. вследствие недостатка определённых МЭ изменяется строение белков, т.е. происходят перестройки в молекуле ДНК. Нарастают качественная и

количественная изменчивость, которые контролируются геном/генами. При гибридизации изменённые качественные признаки наследуются (Г. Мендель).

Поэтому, оптимальной мерой по сохранению генетического потенциала, ценного генофонда лесных древесных пород является выделение лесных девственных генетических резерватов, которые являются невозобновляемыми ресурсами на сохранённых почвах.

Первый анализ почв собственных участков на МЭ был проведен ещё в 1993 г. в США. Последний анализ – в 2015 по 12 МЭ в ФРГ. До 2006 г. применялись растворы из кристаллических солей кислот. С 2006 г. проводится опрыскивание (компенсация ранее изъятых из почвы МЭ) зелёных частей собственных растений смесью из 16 МЭ в хелатной форме с размерами капель менее 50 микрон.

Это позволило получить уже в третьем поколении два культивара грецкого ореха, включая скороплодный, выращивать карию пекан, гинко билобу, орех чёрный, птерокарию, айву обыкновенную, диморфант, каштан посевной и каштан американский и иные интродуценты в резко континентальном климате и переносить ими до -32 °С.

Применение удобрений (компенсация ранее изъятых макро- и микроудобрений) – практически единственный способ сохранения генотипа. Получение саженцев для создания лесных культур должно производиться при полном обеспечении их роста МЭ. Именно это позволит сохранить лесные генетические ресурсы.

## **НАРУШЕНИЯ В МЕЙОЗЕ МИКРОСПОРОГЕНЕЗА У ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ УКРАИНЫ**

Митроченко В.В.

ГП «Киевская лесная научно-исследовательская станция» УкрНИИЛХА, Лютеж, Украина,  
*klnds@ukr.net*

Нами было установлено, что среди плюсовых деревьев сосны обыкновенной чаще встречается генетически обусловленная высокочереззерная форма сосны, описанная М.Г. Романовским (1989) (Митроченко, 2005). Для определения возможных генетических факторов, вызывающих череззерницу в шишках, изучен мейоз в процессе микроспорогенеза в 300 шт. клонов плюсовых деревьев из 7 областей Украины (таблица). Микростробилы фиксировались ацетоалкоголем. Мейоз изучался на давленных препаратах, окрашенных гемотоксилином.

Таблица – Общий процент нарушений и количество деревьев с мутациями мей-генов, перестроек хромосом в плюсовых деревьях сосны обыкновенной из различных областей Украины

Область	Деревьев, шт.	Нарушения, %	Деревья с мутациями и перестройками, % (шт.)					
			ms 43	sticky	ps+tps	ds	in	tr
Волынская	38	6,05	7,9(3)			7,9(3)	13,1(5)	
Ровенская	37	4,53	2,7(1)			2,7(1)	10,8(4)	
Житомирская	61	3,29	4,9(3)			8,2(5)	9,8(6)	
Киевская	56	3,98	1,8(1)		3,6(2)		12,5(7)	3,6(2)
Черниговская	40	4,87		10,0(4)		7,5(3)	7,5(3)	
Сумская	25	2,53	8,0(2)				12,0(3)	
Харьковская	43	4,28	9,3(4)			16,3(7)		2,3(1)

Общее количество микроспороцитов с нарушениями деревьев отдельных областей колеблется от 2,53 до 6,05% (таблица). Практически у всех деревьев встречаются микроспороциты с характерными для сосны нарушениями: унивалентами в МI, простыми мостами, фрагментами и отстающими хромосомами в АI-II. Помимо этого, в мейозе 70 шт. деревьев обнаружены особые типы нарушений, вызванные присутствием в геномах различных мутантных мей-генов и перестроек хромосом. Мутация мей-гена «ms43» нарушает строение веретен деления, в результате чего возникают полиады вместо диад и тетрад. Мутация мей-ген «ps+tps» вызывает слияние несестринских групп хромосом в АII и образование диплоидных микрогаметофитов. Мутация мей-ген «ds» нарушает синапсис гомологичных хромосом, сопровождающийся появлением унивалентов в МI и отставанием хромосом в АI-II. Эти мутации у сосны выявлены ранее А.К. Буториной с соавторами (1981, 1985, 1989). Также нами выявлены деревья с нарушениями, характерными для действия мутантных мей-генов типа «sticky», вызывающих слипание хромосом. Действие данных мутаций подробно изучено у кукурузы (Голубовская, 1980). В группе деревьев обнаружены нарушения, вызванные присутствием гетерозиготных парацентрических инверсий (значительное количество мостов и фрагментов в АI-II). В геномах 3 деревьев выявлены транслокации (пара открытых бивалентов и тетраваленты кольцевой формы в МI). Встречаемость деревьев с обнаруженными генетическими факторами в синтетических популяциях плюсовых деревьев отдельных областей представлена в таблице.

Поскольку мутантные мей-гены «ms43», «sticky» и «ps+tps» действуют только в микроспорогенезе, высокочереззерными оказались все деревья с мутацией «ds», а также с транслокациями и большинство деревьев с инверсиями.

Причиной череззерницы в плюсовых деревьях из Харьковской обл., произрастающих в Лесостепной и Степной зонах, являются мутантные мей-гены «ds». В значительной части деревьев Лесной зоны череззерницу вызывают перестройки хромосом.

# СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ХЛОРОПЛАСТНОГО ГЕНОМА *FRAXINUS EXCELSIOR* (OLEACEAE)

Можаровская Л.В., Падутов В.Е., Каган Д.И., Баранов О.Ю., Пантелеев С.В.  
Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [forinstnanb@gmail.com](mailto:forinstnanb@gmail.com)

*Fraxinus excelsior* L. (ясень обыкновенный) является одним из лесообразующих древесных видов Европы, характеризующийся важной экологической и хозяйственной значимостью. За последние десятилетия в большинстве стран Европы наблюдалось массовое усыхание ясеневых лесов, обусловленное негативным воздействием комплекса фитопатогенных организмов, среди которых наибольшую значимость приобрел микромицет *Hymenoscypha fraxineus* – возбудитель халарового некроза ветвей ясеня. Последствием эпифитотий явилось резкое сокращение площади ясеневых насаждений, которое для ряда европейских стран достигло величины 90-95%, что требует в настоящее время проведение лесовосстановительных работ и интенсификации мероприятий по сохранению генетических ресурсов *F. excelsior*. В данном аспекте особую актуальность приобретает оптимизация и совершенствование молекулярно-генетических подходов, связанных с оценкой генетической структуры и уровня генетического разнообразия популяций ясеня обыкновенного, и в частности, увеличение числа информативных генетических маркеров.

ДНК-маркеры, локализованные в хлоропластном геноме, представляют собой удобный инструмент для проведения анализа морфолого-физиологических параметров растений, филогеографических и филогенетических исследований, оценки популяционной структуры и уровня генетического разнообразия. До настоящего времени количество используемых маркеров хпДНК ясеня обыкновенного, представленных в литературных источниках являлось ограниченным, что связано с определенной трудоемкостью скрининга ДНК-локусов с использованием традиционных молекулярно-генетических методов. Применение технологии высокопроизводительного секвенирования позволяет в значительной степени интенсифицировать исследования по разработке информативных ДНК-маркеров.

Исходя из всего выше сказанного, целью работы явилось секвенирование генома ясеня обыкновенного и разработка полного набора cpSSR-маркеров.

Проведенное секвенирование хлоропластного генома *F. excelsior* показало, что его размер составил порядка  $\approx 0,15$  млн п.н. Общий перечень и порядок генов в хлоропластном геноме ясеня совпадал с описанными ранее геномами близкородственных видов семейства Маслиновых, и включал: четыре гена рРНК, 37 генов тРНК и 80 белок-кодирующих последовательностей. Следует отметить, что ряд генов хпДНК (как и у других видов *Oleaceae*) имел прерывистую структуру. Белок-кодирующие последовательности были представлены 21 геном рибосомных белков, четырьмя генами субъединиц РНК-полимеразы, а также генами,

кодирующими компоненты фотосинтетического аппарата, включая фотосистемы I (шесть генов) и II (15 генов), комплексы цитохромов (шесть генов) и АТФ-синтазы (шесть генов), четыре локуса хлДНК кодировали белки с неустановленной функцией.

На основании анализа структурной организации фрагментов хлоропластного генома ясеня обыкновенного разработан диагностический набор ДНК-маркеров для генетической паспортизации хозяйственно-ценных генотипов исследуемого вида. Выявлено 53 SSR-последовательности, к 48 из которых разработан дизайн оригинальных праймеров. Преобладающим типом SSR-повторов явились моонуклеотидные (Т)- и (А)-повторы (58,3 и 35,4% соответственно), размер которых варьировал от 10 до 18 нуклеотидов. Динуклеотидные мотивы встречены единично. Другие типы мотивов выявлены не были.

Последующие исследования будут направлены на оценку информативности диагностированных *cpSSR*-маркеров при проведении популяционно-генетических исследований ясеня обыкновенного.

## **THE COMPLETE CHLOROPLAST GENOME SEQUENCE OF *FRAXINUS EXCELSIOR* (OLEACEAE): STRUCTURAL ANALYSIS, GENE CONTENT AND MICROSATELLITE DETECTION**

Mozharovskaya L.V., Padutov V.E., Kagan D.I., Baranov O.Y., Panteleev S.V.  
Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*forinstnanb@gmail.com*

*Fraxinus excelsior* L. (common ash) is a forest-forming tree species in Europe. Ash is also an ecological and economically important native tree species. Recently, in most European countries, there has been a massive drying out of ash forests caused by the ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus*. Reduction of *F. excelsior* plantations in a number of European countries reaches 90-95%, which requires reforestation and preservation of the ash's genetic resources. In this aspect, the improvement of molecular genetics methods for the detection of the genetic structure and the genetic diversity of the common ash is very important.

Chloroplasts DNA markers are a convenient tool for the studying morphological and physiological parameters, population genetics, phylogenetics and genetic diversity of ash. So far, according to publications, the number of ash cpDNA markers used has been limited which is related to the problematic screening of DNA loci by traditional molecular genetics methods. High-performance sequencing allows to greatly intensify research on the development of informative DNA markers.

The aim of the study was the sequencing of the complete chloroplast genome of *F. excelsior* and the development of complete set cpDNA markers.

The complete chloroplast genome of *F. excelsior* is about  $\approx 0.15$  Mb in length. The gene order of *F. excelsior* is identical to those belonging to the Oleaceae family described earlier and contains four ribosomal RNA genes, 37 transfer RNA genes

and 80 protein-coding genes. Some genes chloroplasts DNA are split into two segments. The protein-coding genes consists of 21 ribosomal protein coding genes, four genes encoding subunits of RNA polymerases, genes encoding components of the photosynthetic apparatus including photosystem I (six genes) and II (15 genes), cytochrome complexes (six genes), ATP synthases (six genes) and other protein coding genes. Four loci of chloroplast DNA have been identified as genes encoding chloroplast proteins with an unidentified function.

DNA markers based on the chloroplast genome of the *F. excelsior* were developed. A total of 53 microsatellites loci were identified on the basis of analysis of the structural organization of the fragments of the chloroplast genome and primers for 48 SSRs were designed with suitable flanking sequences. The mononucleotide (T) - and (A) - SSRs were the most common type representing 58.3 and 35.4% respectively of the total SSRs loci. Total mononucleotide SSRs length ranged from 10 to 18 bp. The dinucleotide SSRs were met few.

Subsequent studies will be aimed at assessing the information content of diagnosed cpSSR markers in population-genetic studies.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КОМПЛЕКСА *PICEA ABIES* – *P. OBOVATA* ПО ДАННЫМ ЛОКУСА *NAD1* мтДНК

Мудрик Е.А.<sup>1</sup>, Полякова Т.А.<sup>1,2</sup>, Белоконь М.М.<sup>1</sup>,  
Белоконь Ю.С.<sup>1</sup>, Шатохина А.В.<sup>1</sup>, Политов Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, [mudrik@vigg.ru](mailto:mudrik@vigg.ru)

<sup>2</sup>ФБУ «Российский центр защиты леса», Пушкино, Московская область, Россия

Изучение генетической дифференциации комплекса европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) и сибирской (*P. obovata* Ledeb.) елей, занимающего один из самых больших ареалов в мире, является одним из традиционных направлений в исследованиях лесообразующих хвойных. Происхождение и статус номинативных видов и популяций, в частности, произрастающих в обширной зоне интерградации, остаётся дискуссионным. Анализ аллозимной изменчивости комплекса *Picea abies* – *P. obovata* ранее показал клинальное изменение частот аллелей изоферментных локусов по широтному градиенту, согласующееся с клинальной изменчивостью морфологических признаков в зоне интрогрессивной гибридизации обоих видов (Krutovskii, Bergmann, 1995; Политов, Крутовский, 1998; Политов, 2007; Политов и др., 2011), а также умеренно высокий для локусов ядерной локализации уровень генетической подразделённости между популяциями ( $F_{ST} = 0,099$ ) (Krutovskii, Bergmann, 1995). Анализ пространственного распределения изменчивости по ядерным микросателлитным локусам выявил соответствие географическому происхождению выборок при сходном уровне подразделённости ( $F_{ST} = 0,097$ ) (Мудрик и др., 2008).

В связи с этим приобретают приоритетное значение исследования с помощью нерекombинирующих унипарентально наследуемых маркеров органелльной, в частности, митохондриальной, локализации. В имеющем

сложную структуру минисателлитном локусе второго интрона гена *nad1* митохондриальной ДНК (мтДНК), в комплексе *Picea abies* – *P. obovata* выделяют три дивергировавшие гаплогруппы – южноевропейскую, североевропейскую и сибирскую (Sperisen et al., 2001; Tollefsrud et al., 2008; 2009; Мудрик и др., 2015; Tsuda et al., 2016). В результате анализа 73 природных популяций ели из Восточной Европы, Фенноскандии, Европейской части России, Урала, Сибири, Дальнего и Северного Востока России нами было выявлено шесть южноевропейских (746, 815, 842, 874, 938, 970), семь североевропейских (721, 755, 789, 823, 857, 891, 925) и три сибирских (712<sup>0</sup>, 746<sup>0</sup>, 780<sup>0</sup>) гаплотипа ели. Показано, что граница южных и северных европейских гаплогрупп проходит по Белоруссии, а граница североевропейских и сибирских гаплотипов – в Западной Сибири по левобережью Оби между Тюменской областью и Ханты-Мансийским автономным округом. К востоку от Оби через весь ареал ели до Магаданской и Амурской областей преобладает один сибирский гаплотип 712<sup>0</sup>. Слабая изменчивость в сибирской гаплогруппе наблюдается только на юге Сибири – на Алтае, Западном Саяне и в Тыве. В традиционно выделяемой зоне интрогрессивной гибридизации елей европейской и сибирской встречаются только северо-европейские гаплотипы, так же как и на Европейском Севере, где произрастают деревья с фенотипическими признаками ели сибирской. Вследствие четких географических границ между европейскими и сибирской гаплогруппами, уровень генетической дифференциации в комплексе *Picea abies* – *P. obovata* по второму интрону гена *nad1* высок ( $F_{ST} = 0,650$ ) и значительно превышает этот показатель по ядерным аллозимным и микросателлитным локусам. Различия по  $F_{ST}$  по разным классам маркеров в комплексе европейской и сибирской елей могут быть обусловлены механическими барьерами для распространения митохондриальной ДНК с семенами, в отличие от ядерной ДНК, распространяющейся с пыльцой на большие расстояния. Такими барьерами в зоне границы европейской и сибирской гаплогрупп ели являются рельеф Западно-Сибирской равнины и поймы крупных рек на ее территории (Обь, Иртыш).

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ № 14-04-31059 и 15-04-07961, а также Программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем» и «Эволюция органического мира и планетарных процессов».

## GENETIC DIFFERENTIATION OF *PICEA ABIES* – *P. OBOVATA* COMPLEX ASSESSED BY mtDNA *NAD1* LOCUS DATA

Mudrik E.A.<sup>1</sup>, Poliakova T.A.<sup>1,2</sup>, Belokon M.M.<sup>1</sup>,  
Belokon Yu.S.<sup>1</sup>, Shatokhina A.V.<sup>1</sup>, Politov D.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia, [mudrik@vigg.ru](mailto:mudrik@vigg.ru)

<sup>2</sup>Russian Centre of Forest Protection, Pushkino, Moscow region, Russia

Study of genetic differentiation within the Norway (*Picea abies* (L.) H. Karst.) and Siberian (*P. obovata* Ledeb.) spruce species complex occupying one of the



largest total range among all woody plants in the world is a traditional research direction carried out on forest-forming conifers. The origin and status of the nominative species and multiple populations growing in particular in the zone of intergradation remains disputable. Earlier analysis of allozyme variation in the *Picea abies* – *P. obovata* complex displayed clinal changes in allele frequencies along the latitudinal and longitudinal gradients, which is in accordance with variability of morphological traits in the zone of introgressive hybridization between the two species (Krutovskii, Bergmann, 1995; Politov, Krutovskii, 1998; Politov, 2007; Politov et al., 2011), as well as a moderate high for nuclear loci level of genetic subdivision among populations ( $F_{ST} = 0.099$ ) (Krutovskii, Bergmann, 1995). Analysis of spatial distribution of variation in nuclear microsatellite loci also revealed reasonable degree of correspondence to geographical sample location with similar level of subdivision ( $F_{ST} = 0.097$ ) (Mudrik et al., 2008).

In this view, surveys employing non-recombining uniparentally inherited markers of organelle particularly mitochondrial localization are of great importance. By the having complex structure minisatellite locus in the second intron of mitochondrial *nad1* gene, in *Picea abies* – *P. obovata* complex three diverged haplogroups: south European, north European, and Siberian (Sperisen et al., 2001; Tollefsrud et al., 2008; 2009; Mudrik et al., 2015; Tsuda et al., 2016). In 73 natural spruce populations from Eastern Europe, Fennoscandia, European part of Russia, the Urals, Siberia, Russian Far East and Northeast we found six south European (746, 815, 842, 874, 938, 970), seven north European (721, 755, 789, 823, 857, 891, 925) and three Siberian (712<sup>0</sup>, 746<sup>0</sup>, 780<sup>0</sup>) haplotypes. We demonstrated that the distribution border between southern and northern European haplogroups corresponds to Belorussia while the border between northern European and Siberian haplogroups in Western Siberia generally follows left bank of the Ob river between Tyumen oblast and Khanty – Mansi Autonomous Okrug. Eastwards to the Ob throughout the whole range of Siberian spruce one haplotype 712<sup>0</sup> is predominating. Just weak variability in the Siberian haplogroup was detected in the South Siberia, in the Altai, the Sayans, and in the Republic of Tyva. In the traditionally recognized zone of introgressive hybridization between Norway and Siberian spruces only north European haplotypes are recorded, which are also found throughout the European north of Russia where trees with Siberian spruce phenotypes are distributed. Due to sharp geographic border between European and Siberian haplogroups genetic subdivision within the complex *Picea abies* – *P. obovata* by the second intron of *nad1* was shown to be high ( $F_{ST} = 0.650$ ) that is substantially higher than by allozyme and microsatellite loci. These differences in  $F_{ST}$  values by different marker types in the complex of Norway and Siberian spruces can be explained by physical barriers for dispersal of mtDNA with seeds, that contrasts to mode of dispersal of nuclear DNA dispersed also by pollen for much larger distances. In the border zone between European and Siberian haplogroups relief of Western Siberian plain and floodplains of the big rivers such as Ob and Irtysh could serve as such barriers.

*This study has been supported by the RFBR projects No 14-04-31059 and No 15-04-07961 and Programs of Fundamental Research of the Presidium of Russian*

**ПРАБЛЕМА ЗАХАВАННЯ АБАРЫГЕННАЙ РАЗНАСТАЙНАСЦІ  
САСУДЗІСТЫХ РАСЛІН У ЦЭНТРАЛЬНАЙ ЧАСТЦЫ  
БЕЛАРУСКАГА ПАЛЕССЯ**

Мялік А.М.

Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі, Брэст, Беларусь,  
*aleksandr-myalik@yandex.by*

У цяперашні час скарачэнне біялагічнай разнастайнасці працягвае заставацца адной з глабальных экалагічных праблем. У Беларускам Палессі, дзе значная частка натуральных ландшафтаў карэнным чынам зменена ў выніку правядзення асушальнай меліярацыі, дадзеныя пытанні таксама не губляюць сваёй актуальнасці.

Усяго ў гэтым рэгіёне адзначана 117 з 189 відаў (амаль 62%), якія маюць катэгорыю аховы Чырвонай кнігі Беларусі. Многія з іх уключаны таксама ў міжнародныя прыродаахоўныя спісы: 17 прадстаўнікоў сямейства *Orchidaceae* адносяцца да Дадатку II Канвенцыі «СІТЭС»; Дадатку I да Бернскай канвенцыі адпавядае 13 відаў (*Salvinia natans*, *Pulsatilla patens* і інш.), а Дырэктыве Еўрапейскага Саюза па ахове натуральных месцаў пражывання дзікай флоры і фаўны – 8 (*Moehringia lateriflora*, *Aldrovanda vesiculosa* і інш.). Найбольшая колькасць рэдкіх таксонаў (48) адносіцца да раслін, якія ахоўваюцца ва Украіне (*Hydrocotyle vulgaris*, *Hammarbya paludosa*, *Pulsatilla pratensis* і інш.).

Самым рэпрэзентатыўным рэгіёнам Беларускага Палесся па колькасці ахоўных відаў з'яўляецца яго цэнтральная частка, якая ў фізіка-геаграфічным плане адпавядае акрузе Прыпяцкага Палесся. Паводле нашых падлікаў сучасная абарыгенная флора гэтай тэрыторыі прадстаўлена 866 відамі сасудзістых раслін, якія аб'ядноўваюцца ў 372 рода і 116 сямействаў. Усяго тут выяўлена 87 (46%) ахоўных для Беларусі відаў. Пры гэтым у межах Прыпяцкага Палесся адзначаны як шырока распаўсюджаныя па ўсёй Беларусі таксоны (*Dentaria bulbifera*, *Thesium ebracteatum* і інш.), так і тыя, месцы вырастання якіх вядомыя толькі тут (*Corydalis intermedia*, *Lindernia procumbens*, *Iris aphylla*).

Варта таксама дадаць, што больш за 18% відаў знаходзяцца тут на мяжы свайго натуральнага распаўсюджвання. Сярод іх больш шматлікія (56 прадстаўнікоў) віды з паўночнымі межамі арэалаў (*Stachys recta*, *Chondrilla juncea* і інш.), паколькі клімату дадзенай тэрыторыі ўласціва падвышаная цеплазабяспечанасць, якая спрыяе прасоўванню на поўнач цеплалюбівых відаў. Прадстаўнікі з паўднёвымі межамі арэалаў (*Alchemilla hirsuticaulis*, *Goodyera repens* і інш.), з улікам названых чыннікаў і дэфіцыту вільготнасці, наадварот, абмяжоўваюцца ў сваім распаўсюдзе паўночнымі ўскраінамі Прыпяцкага Палесся. Для вырастання відаў усходняй і заходняй

арэальных груп вышальным фактарам з'яўляецца кантынентальнасць клімату, якая нарастае з захаду на ўсход. У выніку гэтага кантынентальныя віды ўсходнееўрапейскага распаўсюджвання (*Dianthus borussicus*, *Herniaria polygama* і інш) знаходзяць тут заходнія межы арэалаў, а атлантычна- і цэнтральнаеўрапейскія віды (*Teesdalia nudicaulis*, *Carex davalliana* і інш.) – усходнія. Экалагічныя перавагі пералічаных відаў у цэлым не адпавядаюць сучасным фізіка-геаграфічным умовам цэнтральнай часткі Беларускага Палесся, што робіць дадзеныя таксоны ўразлівымі і патрабуе аховы некаторых з іх на рэгіянальным узроўні.

Усяго на тэрыторыі Прыпяцкага Палесся выяўлена 19 відаў сасудзістых раслін, верагодна зніклых з дадзенай тэрыторыі. Сярод іх 4 віды з'яўляюцца зніклымі для флоры Беларусі ў цэлым (*Linum flavum*, *Knautia dipsacifolia*, *Blechnum spicant*, *Caldesia parnassifolia*); астатнія таксоны (*Saxifraga hirculus*, *Corallorhiza trifida*, *Tofieldia calyculata* і інш.) адносяцца да рэгіянальна зніклых відаў.

Такім чынам, праблема захавання абарыгеннай фітаразнастайнасці працягвае заставацца адной з найбольш актуальных у Беларускам Палессі. Для яе паспяховага вырашэння неабходна выкананне існуючых патрабаванняў па ахове відаў з Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь, а таксама стварэнне спісу таксонаў, якія патрабуюць аховы на рэгіянальным узроўні.

## THE PROBLEM OF MAINTAINING INDIGENOUS DIVERSITY OF VASCULAR PLANTS IN THE CENTRAL PART OF THE BIELARUSKAJE PALIESSIE

Mialik A.

Polesie Agrarian Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Brest, Belarus, [aleksandr-myalik@yandex.by](mailto:aleksandr-myalik@yandex.by)

Currently, the reduction of biological diversity continues to be one of global environmental problems. In the Bielaruskaje Paliessie, where a significant part of the natural landscape has radically changed as a result of the implementation of the drainage reclamation, these issues also do not lose their relevance.

Only in this region, there has been 117 out of 189 species (almost 62%), with the category of protection of the red book of Belarus. Many of them also have international conservation status: 17 representatives of the family *Orchidaceae* belong to the Annex II of the Convention "CITES"; Annex I of the Berne Convention corresponds to 13 species (*Salvinia natans*, *Pulsatilla patens*, etc.), and the European Union Directive on the conservation of natural habitats and of wild flora and fauna – 8 (*Moehringia lateriflora*, *Aldrovanda vesiculosa*, etc.). The greatest number of rare taxa (48) refers to plants protected in the Ukraine (*Hydrocotyle vulgaris*, *Hammarbya paludosa*, *Pulsatilla pratensis*, etc.).

The most representative region of the Bielaruskaje Paliessie in the number of protected species is its Central part, which is the physico-geographically, the County of Prypiackaje Paliessie. According to our calculations, the modern native flora of

this area presents a total of 866 species of vascular plants, which are combined into 372 kinds and 116 families. There are 87 (46%) protected in Belarus types are growing here. Widespread throughout Belarus protected species (*Dentaria bulbifera*, *Thesium ebracteatum*, etc.), as those, the locus of which is known only here (*Corydalis intermedia*, *Lindernia procumbens*, *Iris aphylla*), are noted within the boundaries of the Prypiackaje Paliessie.

It should also be noted that over 18% of the species are at the limit of its distribution. From them more numerous species (56 representatives) are with the Northern boundaries of the areas (*Stachys recta*, *Chondrilla juncea*, *Phleum phleoides*, etc.), because the climate of this area characterized by increased heat, contributing to the northward of thermophilic species. Representatives with the southern boundaries of the areas (*Alchemilla hirsuticaulis*, *Goodyera repens*, etc.), due to these reasons and lack of humidity, on the contrary, are limited in its distribution to the Northern border of the Prypiackaje Paliessie. The increasing to the East a continental climate is the decisive factor in the distribution of species of Eastern and Western areal groups. Resulting in continental Eastern European distribution (*Dianthus borussicus*, *Herniaria polygama*, etc.) find here the Western border areas, and Atlantic and Central European species (*Teesdalia nudicaulis*, *Carex davalliana*, etc.) to the East. Ecological preferences of the listed species as a whole do not meet the physical-geographical conditions of the Central part of Paliessie, making these taxa vulnerable and may require protection at the regional level.

Only on the territory of Prypiackaje Paliessie 19 species of vascular plants probably disappeared from the area are identified. Among them 4 species are extinct flora of Belarus as a whole (*Linum flavum*, *Knautia dipsacifolia*, *Blechnum spicant*, *Caldesia parnassifolia*); other taxa (*Saxifraga hirculus*, *Corallorhiza trifida*, *Tofieldia calyculata*, etc.) belong to the regional extinct species.

Thus, the problem of preserving aboriginal fhytovariety continues to be one of the most important in the Bielaruskaje Paliessie. For its successful decision requires compliance with existing requirements for the protection of species from the red book of the Republic of Belarus and the creation of a list of taxa requiring conservation at the regional level.

## **ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ЕЛИ СИБИРСКОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

**Наквасина Е.Н.<sup>1</sup>, Прожерина Н.А.<sup>2</sup>, Демина Н.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, [nakvasina@yandex.ru](mailto:nakvasina@yandex.ru)

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Россия, [pronad1@yandex.ru](mailto:pronad1@yandex.ru)

<sup>3</sup>Северный НИИ лесного хозяйства, Архангельск, Россия, [nadya2100@mail.ru](mailto:nadya2100@mail.ru)

В исследованиях, ориентированных на изучение адаптационных характеристик породы, приоритетным считается изучение внутривидовой изменчивости и фенотипической (экологической) пластичности, связанной с

происхождением популяции и условиями произрастания. В широком смысле под пластичностью, в основе которой лежат гомеостатические реакции, понимают биологическую возможность вида приспособливаться к условиям среды обитания. В этом контексте все большее внимание ученых приобретают географические культуры, которые являются исключительными научными объектами, концентрирующими на небольших площадях широкий генофонд популяций *ex situ*.

Изучена экологическая пластичность 22 происхождений ели, произрастающих в географических культурах государственной сети, заложенных в 1977 г. в таежной зоне в Архангельской, Вологодской областях и Республике Коми. Исходные насаждения ели локализованы на Русской равнине и представлены *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* (Ledeb.) и двумя формами интрогрессивных гибридов, выделенных по форме края чешуй зрелых микростробилов. В экспериментах, расположенных в подзонах средней и южной тайги, происхождения *P. abies* испытываются значительно севернее своего ареала, а происхождения *P. obovata* – на территории ареала и вблизи его границ. Оценку экологической пластичности происхождений ели проводили по методу S. Eberhart and W. Russel (1966), рассчитывая коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ) по сохранности, диаметру и высоте. В возрасте 34-36 лет лучшую сохранность имели происхождения ели из высоких широт, представленные *P. obovata* и близкими к ней гибридными формами. Происхождения *P. abies* отличаются лучшим ростом. Выживаемость и рост каждого происхождения ели определяется факторами пункта испытания и проявляется в его экологической пластичности. Все происхождения разделены на группы – пластичные, непластичные и условно пластичные. Среди *P. abies* и близких к ней гибридов пластичные происхождения встречаются чаще. Пластичные по комплексу показателей происхождения произрастают в Ленинградской, Псковской, Вологодской, Костромской областях и в Республике Карелия. Территория их мест произрастания достаточно локальна, и ограничена  $56^{\circ}30' - 61^{\circ}40'$  с.ш. и  $30^{\circ}30' - 42^{\circ}30'$  в.д. Пластичные происхождения *P. obovata* и близких к ней гибридных форм рассредоточены территориально в северо-восточной части Русской равнины, что может быть связано с путями ее миграции в голоцене. По оценке экологической пластичности происхождений можно сделать вывод о том, что *Picea abies*, как более пластичная порода, будет более отзывчива выживаемостью и ростом на климатические изменения, по сравнению с *P. obovata*. При устойчивом потеплении климата в северных территориях Русской равнины можно ожидать прогресса в дальнейшем ее расселении и вытеснении *P. obovata*.

# EVALUATION OF THE PHENOTYPIC PLASTICITY OF SIBERIAN AND NORWAY SPRUCE IN THE PROVENANCE TESTS IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

Nakvasina E.N.<sup>1</sup>, Prozherina N.A.<sup>2</sup>, Demina N.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia,  
*nakvasina@yandex.ru*

<sup>2</sup>N.P. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russia

<sup>3</sup>Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia, *nadya2100@mail.ru*

Study the intraspecies variability and phenotypic (ecological) plasticity associated with the origin of the population and the conditions of growth are priority in research of trees adaptive characteristics. In this context, exceptional scientific objects – provenance tests are gaining increasing attention of scientists. They help to understand the biological ability of the species to adapt to environmental changes and concentrate on a small area a wide gene pool of *ex situ* populations.

Ecological plasticity of 22 spruce provenances growing in three test plots located in the taiga zone of the European North of Russia (the Arkhangelsk, Vologda Regions and Komi Republic) was studied. Parent spruce stands are located within the Russian Plain and are represented by *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* (Ledeb.) and two introgressive hybrids distinguished by shapes of mature macrostrobile scale edges. In the test plots located in the middle and southern taiga subzones *P. abies* provenances are tested northward of its distribution area and *P. obovata* provenances are tested within the distribution area and nearby its boundaries. Ecological plasticity of the spruce provenances was assessed using the method by S. Eberhart and W. Rassel (1966). Straight-line regression coefficient (*bi*) based on survival, diameter, and height was calculated. For provenances of 34-36 years old the best survival was observed for high-latitude spruce provenances represented by *P. obovata* and its hybrid forms. *P. abies* provenances have higher growth rate. Survival and growth of each spruce provenance depend on test plot location and are shown in its ecological plasticity. All provenances are divided into two groups: plastic and non-plastic provenances. High plasticity is observed more often for *P. abies* and hybrids forms with properties of *P. abies*. Plastic provenances based on three parameters grow in the Leningrad, Pskov, Vologda, Kostroma Regions, and Karelia Republic. Area of parent stands growing is quite small-size and lies between 56°30′-61°40′N and 30°30′-42°30′E. Plastic provenances of *P. obovata* and its related hybrids forms grow in the North-Eastern part of the Russian Plain that could be consequence of its propagation pattern in Holocene. *Picea abies* being the more plastic species would be more responsive to climate changes in terms of survival and growth rate than *P. obovata*. Therefore, in case of sustainable climate warming in the Northern areas of the Russian Plain, the farther propagation and major distribution of *P. abies* with further competitive replacement of *P. obovata* can be expected.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ РЕДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

Никонович Т.В.<sup>1</sup>, Цвирко В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь, [tvnikonovich@gmail.com](mailto:tvnikonovich@gmail.com)

<sup>2</sup>ГП «ЦСОТ НАН Беларуси», Минск, Беларусь, [vitalii.tsvirko@gmail.com](mailto:vitalii.tsvirko@gmail.com)

Современные биотехнологические методы позволяют не только сохранять в контролируемых условиях *in vitro* клеточные культуры редких видов растений, но и стимулировать их регенерационные процессы для получения нормальных растений-регенерантов, которые могут быть успешно адаптированы к условиям *in vivo*, тем самым создавая коллекции растений, занесенных в Красную книгу Беларуси. По мнению ряда авторов, развитие растений в культуре *in vitro* в большей степени зависит от наличия регуляторов роста в составе питательной среды. Однако условия *in vitro* – это сочетание химических и физических факторов. Одним из физических факторов является свет. Вопросы влияния спектрального состава света на процессы роста и развития редких лекарственных растений в настоящее время детально не исследованы. При размножении растений в условиях искусственных фитоценозов процессы онтогенеза различных видов будут различны, в связи с чем исследования в данной области (влияния спектральных характеристик, длины волны) достаточно актуальны и представляют научный и практический интерес.

Нами была выполнена серия экспериментов по изучению влияния вида, концентрации и сочетания регуляторов роста на регенерацию эксплантов горечавки лёгочной (*Gentiana pneumonanthe* L.) и изучению влияния света различного спектрального состава на биометрические показатели Лилии мартагон (*Lilium mártagon*) на этапе размножения в культуре *in vitro*.

Выявлено, что применяя в качестве цитокинина 6-БАП, ауксинов – ИМК, НУК в концентрациях 0,1; 0,5; 1,0 мг/л, наилучшей питательной средой для формирования растений – регенерантов горечавки лёгочной с хорошо развитой надземной частью являлась питательная среда Мурасиге-Скуга, содержащая 1,0 мг/л БАП и 0,1 мг/л НУК. Причем выявлена следующая закономерность: на питательных средах, содержащих БАП и НУК в соотношении 1:10, растения формировались высотой 2,8 см с двумя побегами и корневой системой. При использовании БАП и НУК в соотношении 10:1 наблюдалась 100%-ая регенерационная способность, растения формировались с 3-мя побегами, крупными листьями и хорошо развитой корневой системой.

Проведены расчеты коэффициентов корреляции Пирсона между приведенными величинами признаков Лилии мартагон (количества корней, луковиц и чешуй, отнесенные к плотности потока фотонов в спектральном диапазоне 400-700 нм) и долями потока фотонов в спектральных диапазонах 400-495, 495-580, 580-607, 607-694 нм. Доля потока фотонов в выбранном

спектральном диапазоне определялась в процентах относительно потока фотонов в диапазоне 400-700 нм.

Установлена очень сильная положительная корреляция (более 0,9) между полученными величинами признаков и долей потока фотонов из диапазона 580-607 нм.

Отмечена сильная положительная корреляция (более 0,7) между полученными величинами признаков и долей потока фотонов из диапазона 400-495 нм.

Выявлена сильная отрицательная корреляция (менее 0,7) между полученными величинами признаков и долей потока фотонов из диапазона излучения 495-580 нм.

Зафиксирована очень слабая положительная корреляция (менее 0,2) между полученными величинами признаков и долей потока фотонов из диапазона излучения 607-694 нм.

## **SPECIAL ASPECTS OF USING BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR CONSERVATION OF RARE MEDICAL PLANTS OF FLORA OF BELARUS**

Nikonovich T.V.<sup>1</sup>, Tsvirko V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus, [tvnikonovich@gmail.com](mailto:tvnikonovich@gmail.com)

<sup>2</sup>State Enterprise "CSOT of NAS of Belarus", Minsk, Belarus, [vitalii.tsvirko@gmail.com](mailto:vitalii.tsvirko@gmail.com)

Modern biotechnological methods allow not only to preserve cell cultures of rare plant species under controlled conditions *in vitro*, but also to stimulate their regeneration processes to obtain normal regenerating plants that can be successfully adapted to *in vivo* conditions, thereby creating collections of plants listed in the Red the book of Belarus. According to some authors, the development of plants *in vitro* culture largely depends on the presence of growth regulators in the nutrient medium. However, the conditions *in vitro* is a combination of chemical and physical factors. One of the physical factors is the light. The questions of influence of spectral light composition on the growth and development of rare medicinal plants in details are not investigated. Propagation of plants under artificial phytocenoses of the ontogenesis of different types will be different, therefore the research in this area (influence of spectral characteristics, wavelength) is quite relevant and represent scientific and practical interest.

We performed a series of experiments to study the influence of the type, concentration and combination of growth regulators on the regeneration of pulmonary explants of gentian (*Gentiana pneumonanthe* L.) and to study the influence of light of different spectral composition on biometric indicators of the Lily martagon (*Lilium mártagon*) at the stage of propagation in culture *in vitro*.

Found that using as the cytokinin 6-BAP, auxins, IBA, NAA at concentrations of 0.1; 0.5; 1.0 mg/l, the best nutrient medium for the formation of regenerated plants of gentian lung with well-developed aerial part was nutrient Murashige-Skoog medium containing 1.0 mg/l BAP and 0.1 mg/l NAA. And revealed the



following pattern: on a nutrient medium containing BAP and NAA in the ratio of 1:10 plants were formed with a height of 2.8 cm with two shoots and a root system. When using BAP and NAA in the ratio of 10:1 was observed 100% regeneration ability of plants was formed with 3 stems, large leaves and well developed root system.

The calculations of the Pearson correlation coefficient between given values of characteristics of the Lily martagon (number of roots, bulbs and scales related to the flux density of photons in the spectral range 400-700 nm) and the fraction of photon flux in the spectral ranges 400-495, 495-580, 580-607, 607-694 nm. The proportion of photon flux in a selected spectral range was determined as percentage of the photon flux in the range of 400-700 nm.

Set a very strong positive correlation (over 0.9) between the obtained values and signs of the fraction of photon flux from the range 580-607 nm.

Marked by a strong positive correlation (more than 0.7) between the obtained values and signs of the fraction of photon flux from the range 400-495 nm.

There was a strong negative correlation (less than 0.7) between the obtained values and signs of the fraction of photon flux from the range of emission of the 495-580 nm.

Recorded very weak positive correlation (less than 0.2) between the obtained values and signs of the fraction of photon flux from a range of radiation 607-694 nm.

## **ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ЛЕСОСТЕПНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ К ПРИРОДНЫМ УСЛОВИЯМ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

Новикова Т.Н.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия  
*forest@ksc.krasn.ru*

Одним из основных методов изучения географической изменчивости видов древесных растений является анализ сохранности и роста климатипов этих видов в географических культурах. Наиболее обширные исследования данной проблемы приведены на примере сосны обыкновенной (Патлай, 1965; Ирошников, 1977; Наквасина и др., 2008; Giertych, 1991).

Данное исследование основывается на результатах анализа роста и сохранности географических культур сосны обыкновенной, созданных в 1966 году на сухой супесчаной почве на юге Красноярского края (Минусинская лесостепь). Потомства климатипов представляют степные и лесостепные районы Алтайского и Забайкальского краев, Новосибирской области, Казахстана и Бурятии. В пределах лесостепной и степной зоны географическое положение мест происхождения испытываемых климатипов, варьирует в широтном направлении от 50° до 53° с.ш., в долготном направлении от 60° до 113° в.д. В культурах, достигших III класса возраста, на признаки и свойства сосны большое влияние оказывает густота насаждений, обусловленная сохранностью (устойчивостью) потомств в новых условиях. В связи с этим климатипы были разделены на две условные группы – с

удовлетворительной (42-44%) и слабой (27-33%) сохранностью, что позволило в значительной степени исключить влияние густоты на диаметры деревьев и выявить наследственный характер данного признака, а также определить корреляционные связи с климатическими факторами мест происхождения материнских насаждений.

Корреляционный анализ в группе климатипов с удовлетворительной сохранностью, обнаружил наиболее значимую отрицательную связь показателей радиального роста с географическими координатами северной широты  $r = -0,67$  и  $r = -0,89$  с суммой годовых осадков в районах происхождения сосны. Теснота связи характеризуется как средняя и сильная. Таким образом, в пункте эксперимента лучший радиальный рост демонстрируют потомства из удаленных к югу местопроизрастаний с дефицитом увлажнения.

В группе слабо устойчивых климатипов наиболее тесные отрицательные корреляционные связи показателей радиального роста обнаружены с продолжительностью периода вегетации  $r = -0,98$ , среднегодовой температурой  $r = -0,99$ , и суммой эффективных температур более  $5^{\circ}\text{C}$   $r = -0,95$ , а также суммой осадков периода вегетации  $r = -0,74$  в местах произрастания материнских насаждений. Таким образом, в культурах происходит снижение устойчивости и радиального роста потомств климатипов, районы происхождения которых характеризуются более высокой теплообеспеченностью или менее континентальным климатом по сравнению с районом эксперимента.

Потомства климатипов из районов Алтая, Казахстана, Восточной Сибири при выращивании в южной лесостепи Средней Сибири характеризуются хорошим качеством стволов (70-85% прямоствольных деревьев), исключение составляют сосняки из наиболее освоенных районов, где ранее производились лесозаготовки (Акшинское, Степно-Михайловское, Ононское, Баян-Аульское лесничества).

При анализе особенностей адаптации лесостепных климатипов сосны в условиях Средней Сибири выявлено, что основным лимитирующим фактором роста и устойчивости этих климатипов является наследственно обусловленное негативное воздействие дефицита осадков в районах произрастания материнских насаждений.

## **ADAPTATION OF FOREST-STEPPE SCOTS PINE CLIMATYPES TO THE CONDITIONS OF THE SOUTH MIDDLE SIBERIA**

Novikova T.N.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
*institute\_forest@ksc.krasn.ru*

One of the basic methods to study geographic variability of woody plant species is the analysis of tolerance of their climatypes in provenance trials. In this

respect, Scots pine has been most thoroughly studied (Patlay 1965; Iroshnikov 1977; Nakvasina et al. 2008; Giertych, 1991 etc.).

This study was based on the analysis of growth and tolerance of Scots pine provenance trials established on dry sandy loams of Minusinsk forest-steppe, southern Krasnoyarsk Region, in 1966. The climatype progeny came from steppe and forest-steppe areas of Altai, Trans-Baikal, and Novosibirsk Regions, as well as from Kazakhstan and Buryatia. The provenances of the climatotypes tested ranged, within the steppe and forest-steppe zones, 50° to 53° N and 60° to 113° E. In the trials that achieved age class III, Scots pine characters exhibited a strong dependence on stand density, which depended, in turn, on progeny tolerance to new conditions. We grouped all climatotypes into moderately and low tolerant (42-44% and 27-33% survival, respectively), which division enabled to eliminate stand density influence on tree diameters to a considerable extent, to identify hereditary nature of tree tolerance (survival), and to analyze the correlations of this character with the climatic factors of the maternal stand provenances.

A correlation analysis done for the moderate-tolerance group revealed that the most significant negative correlation of radial increment with latitudinal coordinates ( $r = -0.67$ ) and annual precipitation for provenances ( $r = -0.89$ ). The correlation was characterized as moderate and strong. The analysis thus showed that, where the provenance trials were established, the progeny from far-south provenances with precipitation deficit exhibited the greatest radial increment.

In the low-tolerance group of climatotypes, radial tree increment showed the strongest negative correlations with growing season duration ( $r = -0.98$ ), mean annual temperature ( $r = -0.99$ ),  $> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperature sum ( $r = -0.95$ ), and growing season precipitation ( $r = -0.74$ ) in maternal stand locations. The progeny of the climatotypes moved from warmer provenances with less continental climates as compared to the provenance trial location exhibited a decrease in tolerance and radial increment.

The progeny of the climatotypes moved from Altai, Kazakhstan, eastern Siberia, and Trans-Baikal regions and now growing in the southern forest-steppe of central Siberia appeared to have high tree trunk quality (70-85% of trunks were upright). The exception were the Scots pine stands from the areas, which had experienced the heaviest timber harvesting (Akshin, Steppe-Mikhailovsk, Onon, and Bayan-Aul forest management areas).

Our analysis of the adaptation of forest-steppe Scots pine climatotypes to the conditions of south central Siberia revealed the hereditary negative influence of precipitation deficit in maternal stand locations to be the main factor limiting growth and tolerance of these climatotypes.

# ВЛИЯНИЕ СВЕТА РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ РЕГЕНЕРАНТОВ РАСТЕНИЙ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ *EX VITRO*

Обуховская Л.В., Куделина Т.Н., Молчан О.В.

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь, [olv\\_8@mail.ru](mailto:olv_8@mail.ru)

Известно, что в процессе микроклонального размножения растений одним из проблемных этапов является адаптация регенерантов к условиям *ex vitro*. Необходимо, чтобы приживаемость саженцев, полученных методом микроклонального размножения, была высокой и на последующих этапах производства высококачественного посадочного материала растений.

Исследовали влияние света различного спектрального состава на адаптивный потенциал микроклонально размноженных растений *Betula pendula* R. (клон бб 31), *B. pendula* var. *carelica* Mercl. (клон 76), *B. pubescens* Ehrh. (клон бп3ф1), а также *Populus tremula* L. (клон V 22). Адаптивный потенциал оценивали по скорости роста и развития, а также физиолого-биохимическому состоянию (содержание пигментов, пролина, коэффициент фотосинтетической эффективности). Микроклонально размноженные регенеранты через 14 суток после последнего пассажа *in vitro* помещали под светодиодные облучатели (СДО) со следующим соотношением спектральных диапазонов синий:красный (С:К): СД 1 – 1:2,5 (с программой включения/выключения дальней красной области (ДК)); СД 2 – 1:2,5; СД 3 – 1:4; PPF 292-314 мкмоль/(м<sup>2</sup>\*с) и 150 мкмоль/(м<sup>2</sup>\*с). В возрасте 30 суток их пересаживали в ионообменный субстрат (ИОС), насыщенный как WPM (Woody Plant Medium) или торфогрунт Terravita в условиях *ex vitro* и помещали под те же варианты освещения, что и *in vitro*. Контролем служили растения под люминесцентными лампами (ЛЛ) Osram L30 W/77, PPF 125 мкмоль/(м<sup>2</sup>\*с).

Установлено, что применение СДО для адаптации стерильных микроклонально размноженных регенерантов древесных растений (осины и карельской березы) благоприятно сказывается на их физиологическом состоянии. Существует видовая специфичность реакции микроклонально размноженных регенерантов древесных растений на спектральный состав света. Применение СДО с программой регуляции включения отдельных регуляторных областей спектра способствует активному росту и развитию растений (высота, количество междоузлий, диаметр стебля, площадь листьев) осины, карельской березы, б. повислой и б. пушистой.

Под влиянием СДО увеличивалась удельная поверхностная площадь листьев, а также синтез хлорофиллов. Увеличение хл *a* / хл *b* свидетельствует о структурных перестройках в хлоропластах. Отмечена высокая скорость дыхания у контрольных растений, по сравнению с вариантами СДО.

Одним из биохимических индикаторов стрессового состояния древесных растений является содержание свободных аминокислот, в частности, пролина.

Было установлено увеличение эндогенного уровня пролина в листьях растений осины, культивируемых под ЛЛ при выращивании в торфогрунте, что может свидетельствовать о стрессовом состоянии регенерантов. При более высоком уровне PPF СДО при выращивании в ИОС содержание пролина было выше у осины и карельской березы.

Для регенерантов карельской березы при освещении СДО с соотношением в спектре синего света к красному 1:2,5 (СД 2), наблюдали более широкий температурный диапазон оптимального протекания процессов фотосинтеза, в сравнении с остальными вариантами, что может свидетельствовать об более высоком адаптивном потенциале растений.

## **INFLUENCE OF THE LIGHT OF DIFFERENT SPECTRAL COMPOSITION ON THE ADAPTIVE POTENTIAL OF MICROCLONALLY PROPAGATED REGENERANTS OF TREE SPECIES UNDER *EX VITRO* CONDITIONS**

Obukhovskaya L.V., Kudelina T.N., Molchan O.V.

V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, [olv\\_8@mail.ru](mailto:olv_8@mail.ru)

It is known that in the process of microclonal propagation of plants, one of the most problematic stages is the adaptation of microclonal regenerants to *ex vitro* conditions. It is necessary that further survival of seedlings, made by microclonal propagation, was high on following production stages of high-quality planting material.

The influence of the light of different spectral composition on the adaptive potential of microclonal propagated plants *Betula pendula* R. (clone bb 31), *B. pendula* var. *carelica* Mercl. (clone 76), *B. pubescens* Ehrh. (clone bp3f1) and also *Populus tremula* L.(clone V 22) was investigated. The adaptive potential was estimated by the speed of growth and development, and also by the physiological and biochemical state (the pigment content, proline content and coefficient of photosynthetic efficiency). 14 days after the last *in vitro* passage microclonally propagated regenerants were placed under LED irradiators with the following ratio of spectral ranges: blue:red ratio (B:R) light: LED 1 – 1:2.5 (with the program of switching on/off far IR region (FD); LED 2 – 1:2.5; LED 3 – 1:4; PPF 292-314  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$  и 150  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ). At the age of 30 days they were transplanted into an ion-exchange substrate (IES) saturated as WPM (Woody Plant Medium) or Terravita peat land under *ex vitro* conditions and placed under the same lighting conditions as *in vitro*. Plants under fluorescent lamps (LL) (Osram L30 W/77, PPF 125  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ) were in control.

It has been established that the use of LED for the adaptation of sterile microclonally propagated regenerants of woody plants (aspen and Karelian birch) favorably affects their physiological state. There is a species specificity of the reaction of microclonal propagated regenerants of woody plants to the spectral composition of light. The use of LED with the program of regulation of the

inclusion of individual regulatory regions of the spectrum promotes the active growth and development of plants (height, number of internodes, stem diameter, leaf area) of *Populus tremula* L., *B. pendula* var. *carelica* Mercl, *Betula pendula* R. and *B. pubescens* Ehrh.

Under the influence of LED, the specific surface area of the leaves increased, as well as the synthesis of chlorophylls. The increase in *chl a / chl b* indicates structural rearrangements in chloroplasts. A high rate of respiration in controlling plants was noted, in comparison with the LED variants. One of the biochemical indicators of the stress state of woody plants is the content of free amino acids, proline, in particular. An increase in the endogenous level of proline in the leaves of aspen plants cultivated under LL in growing in a peat soil was established, which may indicate a stress state of regenerants. With a higher level of PPF LED, when grown in IES, proline content was higher in aspen and Karelian birch.

For regenerants of Karelian birch, when the LED was illuminated with the blue:red ratio 1:2.5 (LED 2), a wider temperature range of the optimal course of photosynthetic processes was observed, in comparison with the remaining variants, which may indicate a higher adaptive potential of plants.

## **ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И «ИЗБЫТОЧНАЯ» ПЛОТНОСТЬ – АДАПТАЦИЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ РАСТЕНИЙ**

Овчинникова Н.Ф.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия,  
*nf@ksc.krasn.ru*

По ряду причин на практике мало внимания к изучению и поддержанию популяционно-генетической структуры лесообразующих видов (Алтухов и др., 2004). Из-за относительно длительного развития и большой продолжительности жизни древесных растений большинство выводов о динамике лесной растительности основаны на сведениях, собранных косвенным методом сравнительного изучения, анализа сообществ, составляющих гипотетически «временные или пространственные сукцессионные ряды», и нуждаются в проверке (Кузьмичев, 2013 и др.).

Наиболее достоверные результаты о динамике растительности могут быть получены на стационарных объектах – постоянных пробных площадях. Метод стал применяться для изучения многолетних изменений лесной растительности с начала XX в., но такого рода исследования очень трудоемки и весьма малочисленны. Наиболее полный и длинный ряд наблюдений за лесной растительностью в Сибири получен на юге Красноярского края в Западном Саяне, где в 1960 г. был организован первый научный стационар Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Ермоленко, Овчинникова, 2001 и др.).

В основе наших исследований лежат как литературные, так и оригинальные эмпирические и экспериментальные данные о горной растительности (Овчинникова, 2016 и др.). Динамика структуры древостоев

позволяет заключить, что стабильность лесных сообществ обеспечивается внутривидовой изменчивостью и «избыточной» плотностью древесной растительности, что связано с процессом возобновления (Овчинникова, 2005, 2017 и др.).

Виды необходимо рассматривать как систему, объединяющую варианты строения индивидов и типов их поведения, в отличие от морфологических и эколого-физиологических описаний, рассматривающих вид как нечто однородное, а организмы, его представляющие, как случайные реализации единого общевидового типа. Необходимо дифференцировать варианты (как обратимые, так и необратимые) морфологической изменчивости (полиморфизм) и изменчивости поведения (полиреактивность) особей одного вида (Овчинникова, 2012, 2014, 2016; Романовский, Щекалев, 2014).

Внутривидовая изменчивость выявляется на всех стадиях онтогенеза на всех уровнях, включая генетический, и является проявлением адаптации организма к условиям роста. Лимитирующий фактор вызывает отбор организмов. Из этого следует, что со временем и с существенным для жизни изменением параметров среды, возникает не столько территориальная изоляция, сколько пространственная, по экологическим нишам, и фенологическая. Отдельное дерево приспособлено к длительному существованию на одном месте при отсутствии катастрофического фактора. Изменчивость в репродуктивной сфере должна обеспечивать возобновление и распространение в изменяющихся природных условиях.

Количество выделяемых видов у голосеменных много меньше, чем у других высших растений (Завадский, 1968; Политов, 2007), что объясняется не только их древностью, но и принятыми за «видоспецифические» признаками. Выделяемые «зоны естественной гибридизации» (Коропачинский, Милютин, 2006) горных хвойных лесообразующих видов необходимо рассматривать не только с исторической точки зрения, но и с экологической. Мозаичность условий произрастания (Вавилов, 1987) позволяет существовать в «зонах» растениям с разной морфологией и фенологией, вызванной адаптационной пластичностью. Такие «зоны» должны рассматриваться и изучаться как территории «инициального» генома и места происхождения/расхождения современных видов. Ели *Picea abies* (L.) и *P. obovata* (L.) могут являться модельными видами (Овчинникова, 2012).

## **INTERSPECIFIC VARIABILITY AND SURPLUS DENSITY – FOREST-FORMING PLANTS ADAPTATION**

Ovchinnikova N.F.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
[nf@ksc.krasn.ru](mailto:nf@ksc.krasn.ru)

There are some reasons for low attention to researches and support of population and genetic structure of forest-forming species (Altukhov et al.). Due to

respectively long development and longevity of woody plants most of conclusions on forest plants dynamics are based on data, collected by indirect comparative ecosystem analysis, which make speculative "temporary or spatial succession rows", and need to be checked (Kuzmichev, 2013 etc.).

The most reliable results on plant dynamics can be obtained on permanent sites – permanent sample plots. Permanent sample plots researches have been applied for forest plants long-term variability researches since XX century, but such investigations are very labor-consuming and not numerous. The most full and long forest plant observation series in Siberia are obtained at the South of Krasnoyarsk territory in Western Sayan at founded in 1960 first Sukhachev Institute of Forest (SB RAS) research station (Ermolenko, Ovchinnikova, 2001 etc.).

In the basis of our researches are both published and empirical and experimental data on mountain vegetation (Ovchinnikova, 2016 etc.). Stand structure dynamics allows conclude that stability of the forest community is the result of interspecies variability and "excess" density of the woody plants, that is connected with regeneration process (Ovchinnikova, 2005, 2017 etc.).

The species are need to be considered as a system, combining individual composition variations and behavior patterns, distinct from morphological and physiological descriptions, considering species as something uniform, and representing their individuals as random realization of an all-species type. It is necessary to differ variations (both reversible and irreversible) of morphological variability (polymorphism) and behavior variability (polyreactivity) for one species individuals (Ovchinnikova, 2012, 2014, 2016; Romanovsky, Schekalev, 2014).

Interspecies variability revealed for all ontogenesis stages at all levels, including genetic one, is realization of the organism adaptation to growth conditions. The limiting factor will effect organism selection. This suggest that with course of time and essential environmental changes develops not territory isolation, but spatial, corresponding to the ecology niches and phenology. An alone tree is adapted to long existence in one place if there are no catastrophic events. Reproductive variability must ensure regeneration and propagation in varying natural conditions.

Number of differed species for gymnosperm plants is well below then for other higher plants (Zavadsky, 1968; Politov, 2007), it can be explained not only by their antiquity, but also by taken as "species specific" features. Separated "natural hybridization zones" (Koropachinsky, Milyutin, 2006) of mountain coniferous forest-forming species need to be considered not only with historical point of view, but also with ecological one. Growth condition mosaicism (Vavilov, 1987) allows "zonal" xistence to plant with different morphology and phenology, caused by adaptation flexibility. Such "zones" need to be considered and studied as territory of "initial gene" and place of origin/propagation for modern species. Spruce (*Picea abies* (L.) and *P. obovata* (L.)) can be model species (Ovchinnikova, 2012).



# ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ ФОРМЫ ЕЛИ СИБИРСКОЙ *FASTIGIATA URALICA* ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО СЕЛЕКЦИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

Оплетаев А.С.<sup>1</sup>, Кожевников А.П.<sup>1,2</sup>, Залесов С.В.<sup>1</sup>, Дамари Р.Г.<sup>3</sup>,  
Прядилина Н.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия,  
*opletaev@el.ru*

<sup>2</sup>Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, *kozhevnikova\_gal@mail.ru*

<sup>3</sup>Институт бизнеса и управления «INSAM», Женева, Швейцария, *lotosnk@mail.ru*

В настоящее время появилась необходимость размножить некоторые хвойные древесные породы с сохранением ценных биологических и морфологических сортовых особенностей отдельных особей. Чтобы быстро размножить особо ценные хвойные растения, обнаруженные в природе, требуется применять современные методы лесной биотехнологии и селекции. При семенном размножении не сохраняются ценные наследственные особенности отдельного растения, поэтому вопросы изучения вегетативного размножения хвойных видов для лесоводства и озеленения является актуальным вопросом.

Ель сибирская 'Фастигиата Уральская' (*Picea obovata* Ledeb. 'Fastigiata Uralica') имеет нетипичный для ели внешний вид и больше похожа на кипарис, что открывает перспективы для её использования в ландшафтном дизайне и озеленении городов.

Ель сибирская, в отличие от обыкновенной, характеризуется заметно меньшим полиморфизмом, поэтому обнаружение ее новой декоративной формы весьма перспективно. Период жизни древесных растений очень велик, а получение новых форм лесных древесных пород на основе традиционной селекции занимает десятилетия. Значительный интерес представляет обнаруженная на территории Свердловской области новая декоративная форма ели сибирской 'Фастигиата Уральская' (*P. obovata* Ledeb. var. 'Fastigiata Uralica' Opletaev). Обнаруженное дерево имеет нетипичный для ели габитус и обладает колонновидной формой кроны, ветви многочисленные, побеги плотно прижаты к стволу, направлены вниз по спирали. Ель сибирская 'Fastigiata Uralica' найдена в единственном экземпляре, нашей целью является размножение, выращивание и популяризация новой декоративной формы ели на рынке ландшафтного дизайна и озеленения городов [1, 2].

Для внедрения новых форм хвойных растений в зеленое строительство применяется один из быстрых способов получения посадочного материала с сохранением всех признаков материнского растения – черенкование. Как известно, растения рода *Picea* относятся к трудноукореняемым. В результате трехлетних опытов по черенкованию 'Fastigiata uralica' нам удалось добиться укоренения черенков с маточного дерева на уровне 5-25%. Целью работ является закрепление формы и создания плантации маточных деревьев, которые в дальнейшем будут являться источником генетического материала для промышленного размножения этой формы. Современные приемы

культуры *in vitro* позволяют получать посадочный материал ценных генотипов хвойных пород. Однако из опыта прошлых проектов лесных биотехнологов можно отметить, что ставить задачу – размножить ель методом клонального микроразмножения из вегетативных тканей в коммерческих целях дело очень трудоемкое. Можно получить единичные экземпляры ценой больших усилий [3, 4].

### *Литература*

1. Крекова Я.А., Данчева А.В., Залесов С.В. Оценка декоративных признаков рода *Picea* Dieter. в Северном Казахстане // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17204> (дата обращения: 10.01.2017).

2. Оплетаев А.С., Залесов С.В., Кожевников А.П. Новая декоративная форма ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) // Аграрный вестник Урала. 2016. № 148 (6). С. 40–44.

3. Шестибратов К.А., Лебедев В.Г., Мирошников А.И. Лесная биотехнология: методы, технологии, перспективы // Биотехнология. 2008. № 5. С. 3–22.

4. Урбанович О.Ю., Кузмицкая П.В., Картель Н.А. и др. Генетические основы селекции растений // Биотехнология в селекции растений. Геномика и генетическая инженерия. Минск, 2014. Т. 4. 654 с.

## **THE PROSPECTS OF BREEDING ORNAMENTAL SPRUCE FASTIGIATA URALICA WHEN WORKING ON THE SELECTION OF QUALITATIVE TRAITS**

Opletaev A.S.<sup>1</sup>, Kozhevnikov A.P.<sup>1,2</sup>, Zalesov S.V.<sup>1</sup>, Damari R.G.<sup>3</sup>, Priadilina N.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural State Forestry Engineering University, Yekateriburg, Russia, [opletaev@el.ru](mailto:opletaev@el.ru)

<sup>2</sup>Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,  
[kozhevnikova\\_gal@mail.ru](mailto:kozhevnikova_gal@mail.ru)

<sup>3</sup>Institute of Business and Management "INSAM", Geneva, Switzerland, [lotos\\_nk@inbox.ru](mailto:lotos_nk@inbox.ru)

Currently, there is a need to propagate some coniferous tree species with the preservation of valuable biological and morphological varietal characteristics of individuals. To quickly multiply particularly valuable conifers, found in nature, required to apply modern methods of forest biotechnology and plant breeding. When seed reproduction is not saved valuable hereditary characteristics of the individual plant, therefore the study of vegetative propagation of coniferous species for forestry and landscaping is important.

The Siberian spruce 'Fastigiata Ural' (*Picea obovata* Ledeb. 'Fastigiata Uralica') is not typical for spruce appearance and more like the cypress, which opens prospects for its use in landscaping and greening of cities.

The Siberian spruce, unlike the ordinary, is characterized by much less polymorphism, so the discovery of her new decorative forms is very promising. The period of the life of woody plants is very large, and obtaining new forms of forest tree species on the basis of traditional breeding takes decades. Of considerable

interest is found on the territory of Sverdlovsk region new decorative form of Siberian spruce 'Fastigiata Ural' (*P. obovata* Ledeb. 'Fastigiata Uralica' Opletaev). Discovered the tree has atypical eating habit and has a columnar crown shape, branches many, stems densely appressed to stem the downward spiral. The Siberian spruce *Fastigiata Uralica* found in a single copy, our goal is breeding, cultivation and popularization of new decorative forms at the market of landscape design and urban landscaping [1, 2].

The introduction of new forms of conifers in green building uses one of the fastest ways of obtaining planting material with preservation of all characteristics of the parent plant the cuttings. As is known, plants of the genus *Picea* belong to difficult-rooted. The result of three years of experiments on cuttings *Fastigiata uralica* we have achieved rooting with the mother tree at the level of 5-25%. The aim is to consolidate forms and the creation of plantations of uterine of trees that will continue to be a source of genetic material for industrial breeding of this form. Modern techniques of culture *in vitro* allow you to obtain planting material of valuable genotypes of coniferous breeds. However, from the experience of past projects in the forest biotechnologists may be noted that to pose the problem is to propagate the tree by the method of clonal micropropagation from vegetative tissues for commercial purposes it is very time consuming. You can obtain single copies at the price of great efforts [3, 4].

### References

1. Krekova J.A., Bancheva A.V., Zalesov S.V. Estimation of decorative traits of the genus *Picea* Dieter. in Northern Kazakhstan // Modern problems of science and education. 2015. No. 1–1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17204> (date accessed: 10.01.2017).

2. Opletaev A.S., Zalesov S.V., Kozhevnikov A.P. New decorative form of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) //Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 148 (6). P. 40–44.

3. Shestibratov K.A., Lebedev V.G., Miroshnikov A.I. Forest biotechnology: methods, technologies, prospects // Biotechnology. 2008. No. 5. P. 3–22.

4. Urbanovich O.Y., Kuzmitsky V.P., Kartel N.A., etc. Genetic basis of plant breeding // Biotechnology in plant breeding. Genomics and genetic engineering. Minsk, 2014. Vol. 4. 654 p.

### ЛЕСНЫЕ ПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И ФОРМ РОДА ТОПОЛЬ, СОЗДАННЫЕ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫМ ПОСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Падутов В.Е.<sup>1</sup>, Кулагин Д.В.<sup>1</sup>, Константинов А.В.<sup>1</sup>, Емельянова О.В.<sup>1</sup>,  
Crişan V.E.<sup>2</sup>, Tudose N.C.<sup>2</sup>, Dincă L.C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [forestgen@gmail.com](mailto:forestgen@gmail.com)

<sup>2</sup>Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare "Marin Drăcea", Румыния

Плантационное лесовыращивание требует наличие большого количества сортового посадочного материала. Одним из наиболее перспективных

источников его получения является микроклональное размножение селекционно отобранных форм древесных растений. В то же время подобный подход практически не используется в лесном хозяйстве и требует проведения апробации.

На пяти опытных объектах – экспериментальных лесных плантациях выполнена оценка ростовых характеристик и приживаемости микроклонально размноженных саженцев 24 клонов, относящихся к различным видам и формам рода Тополь. Агрохимический анализ показал, что большая часть почв опытных объектов относится к кислым и слабо-кислым. По содержанию подвижного фосфора, обменного калия, азота и гумуса почвы на всех объектах относятся к бедным.

Показано, что скорость роста и приживаемость отдельных опытных групп деревьев колеблется в широких пределах. При этом наиболее выражено влияние на данные параметры клоновой и видовой принадлежности растения. Установлено, что весенняя посадка и выращивание крупномерных саженцев с открытой корневой системой повышают приживаемость на 10-25%, а скорость роста – в 1,3-2,0 раза.

Выявлено наличие линейной взаимосвязи между диаметром корневой шейки и высотой ствола у деревьев рода Тополь в возрасте до шести лет. Характер взаимосвязи (уравнение линейной аппроксимации) определяется местом произрастания, клоновой принадлежностью и возрастом лесных культур.

Сравнение лесных культур, заложенных на землях, находившихся в сельскохозяйственном пользовании, и созданных на месте рубок главного пользования, не выявило существенных отличий по всем изучаемым параметрам, за исключением приживаемости. Сохранность высаженного посадочного материала на землях, находившихся в сельскохозяйственном пользовании, в среднем на 24,5% ниже, чем на других объектах.

*Исследования выполнены в рамках проекта Б16РА-018, финансируемого Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ).*

## **FOREST PLANTATIONS OF VARIOUS FORMS AND SPECIES OF POPULUS GENUS CREATED BY CLOTHALLY PROPAGATED PLANTING MATERIAL**

Padutov V.E.<sup>1</sup>, Kulagin D.V.<sup>1</sup>, Konstantinov A.V.<sup>1</sup>, Emelyanova O.V.<sup>1</sup>,  
Crișan V.E.<sup>2</sup>, Tudose N.C.<sup>2</sup>, Dincă L.C.<sup>2</sup>

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,  
*forestgen@gmail.com*

<sup>2</sup>Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare "Marin Drăcea", Romania

Plantation forestry requires a large amount of high quality planting material. One of the most promising sources of its production is micropropagation of selected forms of woody plants. At the same time, this approach is practically not used in forestry and requires approbation.

At five experimental forest plantations an estimation of the growth characteristics and survival rate of clonally propagated seedlings of 24 clones was conducted. Agrochemical analysis showed that most of the soils of experimental objects are acidic and slightly acidic. According to the content of mobile phosphorus, exchangeable potassium, nitrogen and humus, the soil at all sites are poor.

It was shown that the rate of growth and survival rate of individual experimental groups of trees varies widely. The most pronounced effect on these parameters demonstrated the clonal and species affiliation of the plant. It was found that the spring planting and growing of large-sized seedlings with an open root system increases the survival rate by 10-25%, and the growth rate by 1.3-2.0 times.

The presence of a linear relationship between the diameter of the root neck and the height of the trunk in trees of the *Populus* genus at the age of up to six years has been revealed. The character of the relationship (the equation of linear approximation) is determined the place of growth, clonal affiliation and age of forest plantations.

Comparison of forest plantations established on the lands that were under agricultural use and created on the site of felling did not reveal any significant differences in all studied parameters, except for survival rate. Preservation of planted planting material on lands found under agricultural use 24.5% lower than at other sites on average.

*The research was carried out within the framework of the B16RA-018 project, funded by the Belarusian Republican Foundation for Basic Research.*

## **РЕЗУЛЬТАТ ВЫРАЩИВАНИЯ ВИДОВ И КЛИМАТИПОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ**

Пак Л.Н., Желибо Т.В., Банщикова Е.А.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия,  
*pak\_lar@bk.ru*

Одной из наиболее распространенных древесных пород на территории Забайкальского края является лиственница, на долю которой приходится около 56% покрытой лесом площади (по состоянию на 01.01.2016 г.).

Географические культуры лиственницы, расположенные в Читинском лесничестве Забайкальского края, являются частью плановой работы по созданию и изучению географических культур основных лесообразующих пород.

В 1999 г. была проведена последняя всероссийская единовременная инвентаризация географических культур, с тех пор детальное изучение объекта в регионе не проводилось.

Цель исследований состояла в проведении инвентаризации и отборе перспективных климатипов в географических культурах лиственницы,

достигших конца второго класса возраста для лесоразведения в данном регионе.

Культуры лиственницы, являющиеся частью всесоюзного опыта, были заложены в 1979-1980 гг. под руководством сотрудников Института леса и древесины СО РАН (В.П. Бобринева и Л.И. Милютина). Число повторностей зависело от количества стандартного посадочного материала лиственницы. Испытанию подлежали семенные потомства 5 видов и 20 климатипов.

Инвентаризация 2016 года показала, что у 35-летних географических культур лиственницы, различия между климатипами определялись не только генетическими, но и средовыми факторами.

В среднем по объекту отмечалась невысокая сохранность – 31,6%, что соответствует 0,6-0,7 тыс. шт./га. Сравнение материалов инвентаризации культур 1999 и 2016 годов показало на снижение сохранности (на 17,1%).

Из испытанных семенных потомств лиственницы за семнадцатилетний период полностью погибло потомство лиственницы Сукачева из Ивановской области Волжского лесхоза и лиственницы Каяндера из Хабаровского края Охотского лесхоза. Элиминация потомства лиственницы сибирской из Восточно-Казахстанской области Курчумского лесхоза отмечалась еще в первом классе возраста, при инвентаризации 1999 г.

Предварительно, в результате оценки 35-летних географических культур лиственницы, средние показатели по сохранности, росту, продуктивности стволовой древесины, а также по отсутствию искривления ствола, хорошему очищению ствола от сучьев, развитию живой кроны имели потомства лиственницы Чекановского из Читинской области Петровск-Забайкальского лесхоза, лиственницы сибирской Республики Бурятия Закаменского лесхоза и лиственницы Сукачева из Свердловской области Егоршинского лесхоза.

Имеющихся данных по всем климатипам недостаточно для объективной оценки, суждения об их ценности, выделения лучших из них, т.к. 81,3% потомства лиственницы пройдено верховым и низовым пожарами.

Предположительно, устойчивые климатипы, к экстремальным средовым факторам, имеют средние показатели роста.

Учитывая, что географические культуры лиственницы являются объектом интродукции, источником сохранения генетического фонда, необходимо провести дальнейшие исследования с выращиванием и испытанием культур второго поколения.

## **СОМАКЛОНАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОМАТИЧЕСКИХ ЗАРОДЫШЕЙ *LARIX SIBIRICA* LEDEB. ПО УРОВНЮ ПЛОИДНОСТИ**

**Пак М.Э., Горячкина О.В.**

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия,  
*mtavi@bk.ru*

Соматический эмбриогенез – вегетативный способ массового тиражирования растений, позволяющий существенно ускорить генетико-

селекционные исследования и увеличить масштабы получаемого посадочного материала важных лесохозяйственных объектов с селекционно-значимыми признаками. Для сохранения генофонда популяций лиственниц, произрастающих в Сибири, и уникальных высокопродуктивных генотипов, актуальной является разработка современных и инновационных биотехнологий массового вегетативного тиражирования. Цитогенетическая изменчивость эмбриогенных культур хвойных исследована слабо, в литературе имеются противоречивые данные как о стабильности хромосомных чисел в культуре *in vitro*, так и о различных геномных мутациях. В настоящей работе приводятся результаты цитогенетического исследования эмбриогенных клеточных линий (КЛ) лиственницы сибирской разной продолжительности культивирования из коллекционного банка эмбриогенных культур лаборатории лесной генетики и селекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Исследование проводилось с целью оценки уровня цитогенетической стабильности клеточных линий, выявления соматклональной изменчивости и подбора клеточных линий, подходящих для получения растений-регенерантов. В результате цитогенетического исследования эмбриогенных клеточных линий лиственницы сибирской в культуре *in vitro* впервые для данного вида была выявлена соматклональная изменчивость по числу хромосом. Среди длительно-пролиферирующих КЛ выявлены как цитогенетически стабильные линии (КЛ6 и КЛ16.28), содержащие в кариотипе нормальное для данного вида диплоидное число хромосом ( $2n = 24$ ), так и нестабильные (КЛ5), с разбросом хромосомных чисел от 24 до 30, большим количеством патологий митоза и клеток с микроядрами. Вероятно, некоторые клеточные линии лиственницы сибирской могут сохранять цитогенетическую стабильность в течение многих лет, что позволяет успешно использовать их для получения растений-регенерантов. Следует особо выделить цитогенетически стабильную КЛ6, которая также показала слабую аллельную изменчивость по 9 микросателлитным локусам в ранних исследованиях авторов данной работы (Третьякова и др., 2016). От данной КЛ были получены клонированные растения лиственницы сибирской, которые успешно растут в теплице ОЭХ «Погорельский бор» – стационара Института леса СО РАН. Эти клоны, по данным микросателлитного анализа, показали полную идентичность КЛ6, от которой были получены. Очевидно, что для успешного размножения хвойных растений с помощью соматического эмбриогенеза необходимо проводить цитогенетический контроль эмбриогенных культур и молекулярно-генетическую оценку, что позволит существенно улучшить качество получаемых регенерантов и увеличить количество получаемого посадочного материала хвойных растений с селекционно-значимыми признаками, пригодного для плантационного лесовыращивания в Сибири.

*Работа выполнена финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научных проектов № 16-44-243068 и № 16-44-240509.*

### **Литература:**

Третьякова И.Н., Пак М.Э., Иваницкая А.С., Орешкова Н.В. Особенности соматического эмбриогенеза длительно пролиферирующих эмбрионных клеточных линий *Larix sibirica in vitro* // Физиология растений. 2016. Т. 63. № 6. С. 812–822. Doi: 10.7868/S0015330316050134.

## **SOMACLONAL VARIABILITY IN THE NUMBER OF CHROMOSOMES OF SOMATIC EMBRYO OF *LARIX SIBIRICA* LEDEB.**

Park M.E., Goryachkina O.V.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia, [mtavi@bk.ru](mailto:mtavi@bk.ru)

Somatic embryogenesis is a vegetative method of mass propagation of plants, which makes it possible to significantly accelerate genetic breeding studies and increase the scale of the resulting planting stock of important forestry species with breeding-significant features. This is especially relevant for slow growing coniferous plants. The development of modern and innovative biotechnologies for mass vegetative propagation is relevant for the preservation of the gene pool of larch populations growing in Siberia and unique highly productive genotypes. The cytogenetic variability of embryogenic cultures of coniferous has been poorly studied, there are conflicting data in the reports on both the stability of chromosome numbers in culture in vitro and various genomic mutations. In this paper we present the results of cytogenetic studies embryogenic cell lines of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) different duration of cultivation of the collection bank of embryogenic cultures Laboratory of Forest Genetics and Tree Breeding of V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS. The study was carried out to assess the level of cytogenetic stability of cell lines, to detect somaclonal variability and the selection of cell lines suitable for the production of cloned plants. As a result of cytogenetic investigation of embryogenic cell lines of Siberian larch in culture in vitro for the first time, somaclonal variability in the number of chromosomes was revealed for this species. Among the long-proliferating cell lines, both cytogenetically stable cell lines (CL6 and CL16.28) containing a normal diploid number of chromosomes ( $2n = 24$ ) and unstable (CL5) in the karyotype, with chromosome numbers ranging from 24 to 30, a large number of pathologies of mitosis and cells with micronuclei. It is likely that some cell lines of Siberian larch can retain cytogenetic stability for many years, which allows them to be used successfully to produce cloned plants. It should be attention from cell line 6 noteworthy that from 9 of the studied loci, seven loci were identical to the genotype of the tree-donor (Tretyakova et al., 2016). Cloned Siberian larch plants from this cell line were obtained successfully grow in the greenhouse of the Institute of Forest of the SB RAS (Park et al., 2016). According to the microsatellite analysis, these clones showed a complete identity of the cell line 6 from which they were obtained. Obviously, for successful reproduction of coniferous plants with the help of somatic



embryogenesis, it is necessary to carry out cytogenetic control of embryogenic cultures that will significantly improve the quality of the regenerants obtained and increase the amount of planting stock of coniferous plants with breeding-significant features that is suitable for plantation forest growing in Siberia.

*The reported study was funded Russian Foundation for Basic Research, Government of Krasnoyarsk Territory, Krasnoyarsk Region Science and Technology Support Fund to the research projects No. 16-44-243068 and No. 16-44-240509.*

#### **References:**

Tretyakova I.N., Park M.E., Ivanitskaya A.S., Oreshkova N.V. Peculiarities of somatic embryogenesis of long-term proliferating embryogenic cell lines of *Larix sibirica in vitro*. Russian Journal of Plant Physiology. 2016. Vol. 63. No 6. P. 800–810. Doi: 10.1134/S1021443716050137.

### **ГЕНОГЕОГРАФИЯ, ГЕНОТАКСОНОМИЯ И ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЕ РЕФУГИУМЫ ВИДА *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Петрова И.В., Санников С.Н., Черепанова О.Е.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, sannikovanelly@mail.ru

Одной из приоритетных проблем устойчивого лесоводства на фоне глобального потепления климата, роста антропогенного стресса и угрозы необратимого нарушения генофонда лесов является сохранение, воспроизводство и оптимизация его использования. Ее решение возможно, однако, лишь на основе фундаментального изучения генетической структуры, полиморфизма и дифференциации популяций лесообразующих видов с позиций системного подхода «вид в целом ареале».

Количественное экогеографическое изучение закономерностей распространения пыльцы и семян, репродуктивной изоляции, барьеров и путей миграции, аллозимного полиморфизма, градиентов и границ природных популяций *P. sylvestris* в пределах всего ареала вида в Северной Евразии на базе принципов эколого-генетической школы С.С. Шварца – Н.В. Тимофеева-Ресовского выполнено нами в последние 25 лет. Аллозимный анализ тканей деревьев в 230 локальных популяциях, генетических дистанций Неи (Nei, 1978) между ними и их градиентов проведен на сети 14 субмеридиональных и 4-5 широтных трансект, пересекающих ареал вида.

В итоге исследований выявлена относительная стабильность параметров внутривидового полиморфизма – среднего числа аллелей на локус, ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности – в пределах большей части ареала с тенденциями их уменьшения в направлениях с его запада на восток и от ледниковой северной к южной внеледниковой зоне. Установлено, что на субмеридиональных трансектах генетические дистанции и градиенты между популяциями в северной «ледниковой» и средней зонах ареала (55-67° с.ш.) в 2-4 раза меньше, чем в южной (48-55° с.ш.), уменьшаясь в тесной корреляции ( $R^2 = 0,54$ ) с географической широтой местообитаний.

Максимальные градиенты генетических дистанций между популяциями выявлены в зонах горных хребтов (Пиренеи, Альпы, Большой Кавказ, Становой) и морей (Черное, Северное), меньшие – между разновысотными горными поселениями (Карпаты, Северный Кавказ, Крым, Урал, Забайкалье), островными степными и горными популяциями. Впервые показана роль факторов репродуктивной изоляции популяций (дистанционной, фенологической, горно-механической, интегральной) в их генетической дифференциации, а также гидрохории семян в их расселении и генетической интеграции. Установлена, разносторонне исследована и теоретически обоснована резкая генетическая граница между смежными популяциями сосны на суходолах и смежных верховых болотах в южной части лесной зоны Западной Сибири и Русской равнины. С помощью метода «минимальных генетических дистанций» выявлено два анцестральных – Балканский (Рила) и Южноуральский (Крыктытау) и 7 «авангардных» гипотетических плейстоценовых рефугиума *P. sylvestris* (Бавария, Чехия, Словакия, Ирмель, Иркутск, Романовка, Тында). По коэффициентам генетического сходства с ними открывается возможность генетической сертификации любой локальной популяции ледниковой зоны.

В итоге анализа иерархической плеяды средних «тотальных» и «региональных» генетических дистанций Неи между 18 филогеографическими группами популяций вида *Pinus sylvestris* на основе оригинальной геносистематической шкалы в его структуре выделены один подвид («иберийский»), пять географических рас и 9 географических групп популяций. Предложенная схема генотаксономической структуры вида *Pinus sylvestris*, может содействовать разработке актуальных проблем селекции, гибридизации и создания систем генетических резерватов и лесосеменного районирования вида.

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 16-04-00948a и комплексной программы Уральского отделения РАН 15-12-4-21*

## **GENO GEOGRAPHY, GENOTAXONOMY AND PLEISTOCENE REFUGIUM OF *PINUS SYLVESTRIS* L. POPULATION**

**Petrova I.V., Sannikov S.N., Cherepanova O.E.**

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,  
*sannikovanelly@mail.ru*

One of the main problems of stable forestry taking into consideration the global warming, anthropogenic stress increasing and threat of irreversible damage of forest genetic fund is preservation, reproduction and optimization of its utilization. The problem can be solved, however, only basing on the fundamental study of genetic structure, polymorphism and differentiation of populations of forest-forming species using the systemic approach "species in the range".

During the last 25 years we carried out the quantitative ecogenogeographical study of seed dispersal patterns, reproductive isolation, barriers and ways of

migration, allozymic polymorphism, gradients and borders of natural populations of *P. sylvestris* within the whole range of this species in Northern Eurasia basing on the principles of ecogenetic school of S.S. Shwartz and N.V. Timofeev-Resovsky. Allozymic analysis of tree tissues in 230 local populations, Nei's genetic distances (Nei, 1978) among them and their gradients was performed within the net of 14 submeridional and 4-5 latitudinal transects, which cross the range of the species.

As a result, we observed relative stability of intrapopulation polymorphism parameters (an average number of alleles per loci, an expected and observed heterozygosis of populations) within the borders of the most of range tending, however, to decrease from its west to the east as well as from northern glacial zone of area to the southern non zone area. It was found out that at the submeridional transects the genetic distances and gradients between the populations in the northern "glacial" and in the middle zones of the range (55-67° N. Lat.) are 2-4 times less than in the southern area (48-55° N. Lat.), decreasing in close connection with geographical latitude of the range ( $R^2 = 0.54$ ).

Maximum gradients of genetic distances between the populations have been revealed in the mountain ridge areas (the Pyrenees, the Alps, the Bolshoy Kavkaz and the Stanovoy Range) and sea areas (Black Sea and North Sea), the less ones – among populations located on the slopes of different height (the Carpathians, the North Caucasus, Crimea, the Urals, Transbaikalia) as well as island-steppe and mountain ones. For the first time the role of population reproductive isolation factors (spatial, phenological, "mountain-mechanical", integral) in their genetic differentiation and seeds hydrochory in their dispersal and genetic integration was showed. The all-round study revealed the sharp genetic border between the neighboring populations of pines growing in the dry lands and neighboring high bogs located in the southern part of Western Siberia forests and Russian Plain. Using the "minimum genetic distance" method we specified two ancestral – Balkan (Rila Planina) and South-Ural (the Kryktytau Ridge) and 7 vanguard hypothetical Pleistocene refugia of *P. sylvestris* (Bavaria, Czech Republic, Slovakia, the Iremel, Irkutsk, Romanovka, Tynda). Basing on the genetic similarity index with them it is possible to perform the genetic certification of any local population of glacial area.

As a result of the analysis of hierarchical pleiad of middle "total" and "regional" genetic distances of Nei among 18 phylogeographical groups of populations of *P. sylvestris* species basing on the original genosystematical scale in its structure one subspecies ("Iberian"), five geographical races and nine geographical population groups were specified. The suggested scheme of genotaxonomical structure of *P. sylvestris* can contribute to development of up-to-date problems of selection, hybridization, creation of genetic reserve systems and forest seed zoning of the species.

*The research was performed under the support of grant of The Russian Foundation for Basic Research No 16-04-00948 a and a comprehensive program of the Ural Branch of the RAS 15-12-4-21.*

## FROM GENETIC DIVERSITY TO CONSERVATION OF BIODIVERSITY

Galya Petrova<sup>1</sup>, Stefan Petrov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences,  
Sofia, Bulgaria, [galiaty@abv.bg](mailto:galiaty@abv.bg)

<sup>2</sup>Institute of Molecular Biology, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Genetic diversity is a fundamental component of biodiversity and it is of great interest in the field of conservation biology. The loss of species and its consequences for ecosystem functioning has received considerable attention in the last decades. The knowledge about levels of genetic diversity within/among populations of endangered species contributes to long-term sustainability in different ways. This report gives a concise summary of application of various techniques in plant genetics and our molecular based observations on genetic diversity of several endemic species in Bulgaria. We showed, that beyond the stability of ecosystems and *in situ* preservation, special measures for conservation and sustainable utilization of available genetic resources are necessary. The results from our case studies revealed the importance of genetic diversity as a useful indicator of ecosystem health.

*Keywords:* genetic diversity, endangered species, conservation

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВИДОВ ПОРЯДКА *FAGALES* С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА ИНТРОНОВ ГЕНОВ $\beta$ -ТУБУЛИНА

Пирко Н.Н.<sup>1</sup>, Калафат Л.А.<sup>1</sup>, Демкович А.Е.<sup>1</sup>, Привалихин С.Н.<sup>1</sup>,  
Рабокоть А.Н.<sup>1</sup>, Коваль О.П.<sup>1</sup>, Пирко Я.В.<sup>1</sup>, Маркевич Т.С.<sup>2</sup>, Блюм Я.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт пищевой биотехнологии и геномики НАН Украины, Киев, Украина,  
[nmpirko@gmail.com](mailto:nmpirko@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

Для решения проблем генетики, селекции и сохранения биоразнообразия широко используются различные маркерные системы, в частности, ДНК-маркеры (Сулимова, 2004). Развитие молекулярно-генетических методов исследований дало толчок для создания новых маркерных систем, которые ориентируются на анализ целевых последовательностей генов, в частности их экзонов или интронов (Bardini et al., 2004; Braglia et al., 2010). Анализ полиморфизма интронов генов  $\beta$ -тубулина (ТВР-Tubulin Base Polymorphism) впервые был предложен Д. Бревиарио и сотр. для изучения генетического полиморфизма и филогенетических связей различных видов растений (Bardini et al., 2004). Интроны являются гипервариабельными участками, сопоставимыми по уровню полиморфизма с микросателлитными локусами, и могут иметь различную длину и нуклеотидный состав даже в пределах одной таксономической единицы. Таким образом, оценка генетического полиморфизма с использованием метода ТВР на внутривидовом и межвидовом уровнях является важным источником информации о

генетической изменчивости и филогенетических связях организмов (Bardini et al., 2004).

Целью исследований была оценка генетического разнообразия и филогенетического родства некоторых видов порядка *Fagales* с помощью ТВР-метода. Для анализа использовали виды *Betula pendula* Roth, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L., *Juglans regia* L. Продукты ПЦР разделяли с помощью электрофореза в 6%-ном неденатурирующем полиакриламидном геле в 1 × TBE-буфере (Green and Sambrook, 2012) с последующим окрашиванием фрагментов ДНК нитратом серебра (Rahman et al., 2000; Benbouza et al., 2006). Затем гель фотографировали в видимом свете, и полученные изображения анализировали с помощью программы GelAnalyzer.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о высокой изменчивости длины интронов генов  $\beta$ -тубулина у изученных видов, что характерно для перекрестноопыляемых покрытосеменных растений (Пірко, 2011). Все изученные виды порядка *Fagales* имели разное количество амплифицированных фрагментов (интронов). Их количество варьировало от 9 до 20 и в целом для порядка составило 79. Длина фрагментов варьировала от 275 до 1 500 п.н. При сравнении семейств *Betulaceae* и *Fagaceae* различий в количестве фрагментов почти не отмечено (15-20). Наименьшее количество ампликонов (9) обнаружено у растений семейства *Juglandaceae* (*J. regia*). Следует заметить, что при сравнении электрофоретических профилей интронов представителей порядка *Fagales* между собой можно выделить общую мажорную зону, длина которой составила примерно 300 п.н. У исследованных видов деревьев каждого из семейств можно отметить уникальные для видов и родов фрагменты. Также у всех изученных видов растений удалось обнаружить внутривидовой полиморфизм интронов. Значение PIC (polymorphic index content) составило 0,275-0,375 (*Quercus robur* – *Fagus sylvatica*). Результаты кластерного анализа, проведенного с использованием дистанций Неи, подтвердили филогенетические связи отдельных видов и семейств порядка *Fagales*.

В целом ТВР-метод оказался удобным и достаточно надежным для популяционно-генетического и филогенетического анализа, изучения генетического разнообразия видов порядка *Fagales*. Также в отдельных случаях он может быть использован для молекулярного маркирования хозяйственно ценных, садово-парковых и лесообразующих древесных растений (популяций).

## INVESTIGATION OF GENETIC VARIABILITY OF FAGALES ORDER BY ANALYSIS OF INTRONS POLYMORPHISM OF $\beta$ -TUBULIN GENES

Pirko N.N.<sup>1</sup>, Kalafat L.O.<sup>1</sup>, Demkovych A.Ye.<sup>1</sup>, Privalikhin S.N.<sup>1</sup>, Rabokon A.N.<sup>1</sup>, Koval O.P.<sup>1</sup>, Pirko Ya.V.<sup>1</sup>, Markevich T.S.<sup>2</sup>, Blume Ya.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Food Biotechnology and Genomics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, [nmpirko@gmail.com](mailto:nmpirko@gmail.com)

<sup>2</sup>Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

Various marker systems, DNA-markers among them, are widely used for investigation of genetic problems, breeding and biodiversity conservation (Sulimova, 2004). The development of molecular genetic research methods stimulated creation of new marker systems, based on the analysis of targeted gene sequences, namely their introns and exons (Bardini, et al., 2004; Braglia et al., 2010). The analysis of TBP-Tubulin Base Polymorphism was first used by Breviario et al. to investigate genetic polymorphism and phylogenetic linkage among various plant species (Bardini et al., 2004). Introns are hypervariable areas comparable in polymorphisms to microsatellite loci and differing by lengths and nucleotide compositions even within one taxon. So, evaluation of genetic polymorphism at intra- and interspecific levels provides valuable information on genetic variability and phylogenetic relationship between organisms (Bardini et al., 2004).

Our research focused on genetic diversity and phylogenetic linkages of some species from Fagales order using TBP-method. The species such as *Betula pendula* Roth, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L., *Juglans regia* L. were used for our analysis. PCR products were separated using electrophoresis in 6% non-denaturing polyacrylamide gel in 1 × TBE buffer (Green and Sambrook, 2012), with subsequent silver nitrate staining of DNA-fragments (Rahman et al., 2000; Benbouza et al., 2006). Then gels were photographed in visible light, and images analyzed using Gel-Analyzer.

The analysis results are indicative of the high variation in  $\beta$ -tubulin gene introns in the investigated species, typical of cross-pollinated angiosperms (Pirko, 2011). All investigated species of the order *Fagales* had varying numbers of amplified fragments (introns). Their number ranged between 9 to 20 and made 79 for the order on the whole. The fragments lengths varied from 275 to 1 500 bp. When comparing the families Betulaceae and Fagaceae we hardly noticed any differences in fragment numbers (15-20). The least amplicon number (9) was found for Juglandaceae family (namely *J. regia*). It should be noted than comparing electrophoretic profiles of the representatives of *Fagales* order showed the common major zone with the length of 300 bp. During the investigations, we identified unique to species and genera fragments in the investigated trees of each family. Also, intraspecific polymorphisms were detected in all of the species. PIC (polymorphic index content) was 0.275-0.375 (*Quercus robur* – *Fagus sylvatica*). Cluster analysis using Nei's distances has proven phylogenetic linkage between individual species and genera from the order *Fagales*.

In general, TBP-method is rather useful and reliable for population genetic and phylogenetic analyses, for research on genetic diversity of the order *Fagales*. In

some cases, it is applicable to molecular marking of economically valuable, horticultural, parkland and forest trees (populations).

## **СЕЛЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ МИКРОЭВОЛЮЦИИ И АДАПТАЦИИ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ: ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ**

Политов Д.В.

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

Анализ адаптивных процессов в природных популяциях представляется одновременно актуальным и сложным для долгоживущих неподвижных организмов, таких как древесные растения, в частности, хвойные. Среди факторов микроэволюционного процесса естественный отбор непосредственно связан с приспособленностью, и соответственно, адаптацией особей и популяций. Отбор можно определить как результат дифференциальной приспособленности индивидуумов, то есть их неравных шансов передать свои гены потомству. С тех пор как были открыты молекулярные основы наследственности, не прекращаются попытки вычленивать селективную составляющую молекулярной изменчивости. Основными видами отбора являются отбор стабилизирующий (для молекулярных признаков – балансирующий, в пользу гетерозигот), движущий (в пользу определённого значения признака, аллеля или генотипа) и дизруптивный (приводящий к двум или более адаптивным пикам). В 1970-1990-е годы основным методом анализа генетического полиморфизма в природных популяциях хвойных был метод аллозимного анализа. По мере накопления массовых аллозимных данных из природных популяций хвойных появилась возможность анализа ассоциаций индивидуальной аллозимной гетерозиготности с адаптивными признаками, сверхдоминирования и гетерозиса, и к настоящему времени накоплено много примеров, подтверждающих селективность аллозимного полиморфизма, в частности, гипотезу сверхдоминирования. Важным методом оценки адаптивности молекулярной изменчивости является корреляция параметров молекулярной изменчивости с географическими координатами и экологическими параметрами, типами условий местопроизрастания и другими средовыми факторами. При этом подходе основной проблемой является дискриминация эффектов древнего или недавнего расселения из разных плейстоценовых рефугиумов и современные селективные процессы в континууме средовых градиентов. Немалую роль в понимании сложных ассоциаций генотипа и среды сыграли анализ неаллельных взаимодействий и неравновесия по сцеплению. Особое внимание обращалось на неоднородность полокусных значений показателя  $F_{ST}$  (Алтухов, 1987, 1997, 2003) с разделением локусов на селективно нейтральные (со средними значениями  $F_{ST}$ ), находящиеся под действием балансирующего отбора (с низкими значениями  $F_{ST}$ ) и подверженные дизруптивному отбору (с высокими значениями  $F_{ST}$ ). На

хвойных возможно также прямое изучение корреляции нарушений сегрегации среди гаплоидных эндоспермов (гаплотипы которых идентичны гаплотипам материнских яйцеклеток) в потомствах отдельных деревьев с популяционными частотами соответствующих аллелей. Весьма плодотворной стала фундаментальная концепция академика Ю.П. Алтухова об эволюционно сложившемся оптимуме генетической подразделённости, согласно которой как высокие, так и низкие значения  $F_{ST}$  снижают устойчивость популяционной системы. Сформировавшаяся в результате адаптации к местным условиям популяционная структура должна являться объектом охраны генофондов в той же мере, как и общий популяционный и видовой уровень генетического разнообразия. Сравнительный анализ оценок подразделённости природных популяций по разным классам маркеров является важным методом анализа селективности маркёров, но лишь сейчас с массовым внедрением самых разных классов ДНК-маркеров, включая секвенирование нового поколения и однонуклеотидные полиморфизмы (ОНП, SNP) стало возможным провести соответствующий анализ и обобщения. Большой прогресс в понимании микроэволюционных и адаптационных процессов связан с появившимися свидетельствами о роли межвидовой гибридизации и интрогрессии как факторов не только видообразования, но и адаптации популяций родительских видов.

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 15-04-07961, а также Программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем» и «Эволюция органического мира и планетарных процессов».*

## **SELECTIVE FACTORS OF MICROEVOLUTION AND ADAPTATION IN CONIFERS: REVEALING NATURAL SELECTION AT THE MOLECULAR LEVEL**

Politov D.V.

N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Analysis of adaptive processes in natural populations is at the same time actual and complicated for long-living immobile organisms such as forest trees including conifers. Among factors of microevolutionary processes, natural selection is directly associated with adaptation and adaptedness at individual and population level. Selection is determined as a result of differential survival of individuals, i.e. their unequal chances to pass own genes to the progeny. Since the discovery of molecular basis of heredity researcher have been trying to reveal the selective components of molecular variation. One can recognize three main types of selection: stabilizing (for molecular traits balancing, i.e. in favor of heterozygotes), directional (favoring particular trait values, alleles or genotypes), and disruptive (leading to two or more adaptive peaks). In 1970-1990s the main method of exploration of genetic polymorphism in conifers was allozyme analysis. With the accumulation of mass allozyme data sets from natural conifer populations it became possible to study



associations of individual heterozygosity with adaptive traits, phenomena of overdominance and heterosis. To date, a number of examples evidencing for selective value of allozyme polymorphism including overdominance, have been described. Correlation of molecular variation estimates with geographical coordinates, ecological parameters, types of growth conditions and other environmental gradients is a productive approach to the evaluation of adaptive value of molecular variability. When employing this approach the most crucial a discrimination of effects of ancient and recent dispersal out of different Pleistocene refugia from current selective processes in a gradient of environmental factors. Analysis of inallelic associations and linkage disequilibrium plays important role in understanding genotype – environment interaction. Special attention was brought to heterogeneity of by-locus  $F_{ST}$  values (Altukhov, 1987, 1997, 2003) assuming subdivision of loci set onto selectively neutral, (with mean  $F_{ST}$  values), being under balancing selection (with low  $F_{ST}$  values) and subjected to disruptive selection (high  $F_{ST}$  values). In conifers, direct analysis of segregation distortion among haploid endosperms (haplotypes of which are identical to haplotypes of maternal ovules) in progenies of individual trees and their association with population frequencies of corresponding alleles. Very fruitful concept by Academician Yuri P. Altukhov on the evolutionary formed optimal level of genetic subdivision, regarding both too low and too high values of  $F_{ST}$  as lowering sustainability of population systems. This formed in course of adaptation to local conditions population structure must be considered as an object of gene pool protections to the same degree as total population or species level of genetic diversity. Comparative analysis of values of population genetic subdivision by different marker classes has been considered as a method of analysis of marker selectivity, however, only with development of various DNA marker technologies including SNP and next generation sequencing it made possible to carry on corresponding analysis and synthesis. Sufficient input to speciation and adaptation was an understanding of the role of hybridization and introgression.

*This study was supported by the RFBR project 15-04-07961 and Programs of Fundamental Research of the Presidium of Russian Academy of Sciences "Biodiversity of Natural Systems" and "The Evolution of the Organic World and Planetary Processes".*

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РФ: ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.**

Полякова Т.А., Игнатова М.И.

Российский центр защиты леса, Пушкино, Московская область, Россия,  
*polyakovata@rcfh.ru, ignatovami@rcfh.ru*

Роль молекулярно-генетических методов в практике лесного хозяйства сегодня очевидна и актуальна. Особенно востребованными являются технологии, позволяющие осуществлять генетический контроль происхождения семенного и посадочного материала (для выявления

недоброкачественных поставщиков), а также круглой древесины (для борьбы с нелегальными рубками). Генетические методы также являются перспективными для целей фитопатологического и энтомологического мониторинга лесных насаждений.

Основными направлениями деятельности отделов мониторинга состояния лесных генетических ресурсов (с 2008 по 2016 гг. – отделы лесной генетики) ФБУ «Рослесозащита» являются мониторинг состояния лесных генетических ресурсов и контроль за оборотом репродуктивного материала лесных растений при воспроизводстве лесов. Данные задачи решаются созданной в рамках комплексной Программы развития биотехнологий в Российской Федерации до 2020 года («Био-2020») сетью ДНК-лабораторий.

В рамках мониторинга состояния лесных генетических ресурсов проводится генетическая паспортизация основных лесообразующих пород (виды ели, сосны, лиственницы, дуба) из естественных популяций, произрастающих в зонах интенсивного лесопользования. Регистрируется изменчивость как ядерной микросателлитной, так и пластидной (митохондриальной и хлоропластной) ДНК. Проводятся работы по фитопатологической оценке семян, сеянцев и взрослых лесных насаждений методами анализа ДНК.

Для осуществления контроля за оборотом репродуктивного материала лесных растений отделы генетики проводят работы по уточнению схем смешения клонов на лесосеменных плантациях и в архивах клонов, по определению принадлежности определенной партии семян данному объекту лесного семеноводства, по генотипированию семян с улучшенными наследственными свойствами, а также видовой идентификации семян лесных насаждений. Все данные по биологическим образцам и проведенным генетическим анализам включаются в базу данных по лесной генетике. Благодаря созданию и накоплению данных генетических паспортов плюсовых деревьев основных лесообразующих пород на основе проведенной генетической идентификации клонов на уже существующих лесосеменных объектах возможно увеличить выход семян с улучшенными наследственными свойствами и посадочного материала из них более 2-2,5%, а также создавать новые лесосеменные объекты под генетическим контролем.

Основными долгосрочными ожидаемыми результатами реализации поставленных задач являются создание цифровых атласов генетической изменчивости основных лесообразующих видов (геногеографические карты) на ареалах; создание базы генетических данных основных лесообразующих пород с высокими разрешающими возможностями для обеспечения контроля за оборотом репродуктивного материала и установления происхождения биологического материала лесных растений.

## **MONITORING OF FOREST GENETIC RESOURCES IN RUSSIA: ORGANIZATION AND PROSPECTS FOR THE FUTURE.**

Poliakova T.A., Ignatova M.I.

Russian Centre of Forest Protection, Pushkino, Moscow region, Russia,  
*polyakovata@rcfh.ru, ignatovami@rcfh.ru*

The role of molecular genetic techniques in the practice of forestry is more evident and relevant. The technologies that enable genetic control of origin of seed and planting material (for identifying poor-quality providers) and round wood (to combat illegal logging) are especially actual. Genetic methods are also promising for the purposes of phytopathological and entomological monitoring of forest plantations.

The main activities of monitoring of forest genetic resources departments (from 2008 to 2016, forest genetics departments) of the FSI "Russian Centre of Forest Health" are monitoring of the state of forest genetic resources and control over the circulation of reproductive material of forest plants on reproduction of forests. These tasks are performed by DNA labs which are created in the framework of the integrated Program of biotechnology development in the Russian Federation until 2020 ("Bio-2020").

In the framework of the monitoring of forest genetic resources are genetic certification of major forest forming species (spruce, pine, larch, oak) from natural populations growing in areas of intensive forest management. Variability of nuclear microsatellite and plastid (mitochondrial and chloroplast) DNA is recorded. The phytopathological evaluation of seeds, seedlings and tree forest species are conducted.

To realize control over the circulation of reproductive material of forest plants genetic departments are working on the refinement of schemes of mixing of clones in seed plantations and clone archives, the identification of a specific batch of seed this object of forest seed breeding, genotyping of seeds with improved hereditary properties and species identification of seeds of forest plantations. All the data on biological samples and genetic tests included in the database on forest genetics. Thanks to the creation and accumulation of these genetic passports plus trees of the main forest tree species based on the genetic identification of clones of already existing forest seed objects it is possible to increase the yield of seeds with improved hereditary properties and planting material of these, more than 2-2.5%, as well as create new forest objects under genetic control.

The main long-term expected results of the implementation of the objectives are: the creation of digital atlases of genetic variability of the main forest-forming species (gene-geographic map) on their habitat; the creation of a genetic data base of basic forest-forming species with high resolution opportunities to ensure control over the circulation of reproductive material and establishment of origin of the biological material of forest plants.

# ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Придача В.Б., Сазонова Т.А., Новичонок Е.В.

Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия, [pridacha@krc.karelia.ru](mailto:pridacha@krc.karelia.ru)

В настоящее время в связи с глобальным изменением климата особо остро стоит проблема устойчивости гидрологического и биохимического циклов в лесных экосистемах. Существенное влияние на природные экосистемы оказывают и антропогенные факторы, в частности загрязнение воздуха и почвенных вод, вырубка лесов, изменение структуры землепользования. В работе представлены результаты исследований влияния засухи, промышленного загрязнения и вырубки леса на показатели  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ - и минерального обменов основных лесообразующих пород европейской части России.

Оценка влияния атмосферной засухи на водный статус деревьев разной жизненности *Pinus sylvestris* L. в условиях сосняка лишайникового (61°13'N, 34°10'E, Южная Карелия) при достаточной оводненности почвы не выявила различий предрассветных водных потенциалов ( $\Psi_{max}$ ) охвоенных побегов между господствующими и угнетенными деревьями. Диапазон значений  $\Psi_{max}$  побегов сосны разной жизненности составил  $-0,44 \pm 0,01 \dots -0,79 \pm 0,04$  МПа. При снижении запасов влаги в почве установлено значимое уменьшение  $\Psi_{max}$  угнетенных деревьев до  $-1,39 \pm 0,05$  МПа, значения  $\Psi_{max}$  господствующих деревьев остались при этом равными  $-0,75$  МПа. При восполнении почвенных влагозапасов дождевыми осадками показано уменьшение водного дефицита в растениях, в частности повышение значений  $\Psi_{max}$  как у господствующих, так и угнетенных деревьев, составивших  $-0,58 \pm 0,06$  и  $-0,57 \pm 0,05$  МПа соответственно. Этот факт обусловлен разнокачественной реакцией сосны в связи с дифференциацией по жизненности в условиях разного почвенного увлажнения.

Исследования в условиях промышленного загрязнения (Мурманская область, 67°60'N, 32°30'E) параметров водного и минерального обменов *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* ledeb. показали, что между физиологическими показателями хвои и жизненным состоянием дерева существует определенная и, как правило, нелинейная связь. При этом, если кластеризация данных по минеральному составу хвои сосны и ели показала почти сходное соответствие между категориями жизненного состояния, определяемыми визуально и по физиологическим показателям, то кластеризация данных по  $\Psi$  выявила межвидовые различия. Для сосны показано слабое соответствие между категориями состояния, определяемыми визуально и по величине  $\Psi$ , тогда как у ели оно, напротив, более сильно выражено. Причины этих различий, вероятно, связаны с большей взаимозависимостью у ели между структурными компонентами дерева и его водообменом, чем с минеральным составом.

Исследование влияния вырубки (62°10'N, 33°60'E, Южная Карелия) на показатели CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O-обмена листа *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L., *Alnus incana* (L.) Moench и *Pinus sylvestris* L. в большинстве случаев показало однонаправленную реакцию разных видов на изменение условий среды. Устьичная проводимость ( $g_s$ ), интенсивность фотосинтеза ( $A$ ) и транспирации ( $E$ ), фотосинтетическая эффективность использования воды ( $WUE$ ) как у хвойного, так и у лиственных видов уменьшались в условиях сосняка черничного по сравнению с вырубкой. При этом наибольшая степень пластичности  $g_s$ ,  $A$  и  $E$  отмечена у хвойного растения, что свидетельствует о его более высоком адаптационном потенциале по сравнению с лиственными растениями. Одинаково низкие значения степени пластичности показателей водного обмена хвойного и лиственных растений обусловлены, вероятно, общей стратегией поддержания оводненности тканей на постоянном уровне.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (проект № 0220-2014-0010) и при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 17-04-01087-а).

## EFFECTS OF ABIOTIC FACTORS ON EXCHANGE PROCESSES OF WOODY PLANTS IN EUROPEAN RUSSIA

Pridacha V.B., Sazonova T.A., Novichonok E.V.

Forest Research Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, [pridacha@krc.karelia.ru](mailto:pridacha@krc.karelia.ru)

At present, in the context of global climate change, the problem of stability of the hydrological and biochemical cycles in forest ecosystems is especially acute. Anthropogenic factors, in particular air and soil water pollution, deforestation, land use change, also have a significant impact on natural ecosystems. The paper presents the results of studies of the effects of drought, industrial pollution and deforestation on the parameters of CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O- and mineral exchanges of the main forest-forming species of the European part of Russia.

Assessment of the influence of atmospheric drought on the water status of *Pinus sylvestris* L. with different vitality status in lichen pine stand (61°13'N, 34°10'E, southern Karelia) under sufficient soil water content revealed no differences in pre-dawn water potentials ( $\Psi_{max}$ ) of needled shoots between dominant and suppressed trees. The range of  $\Psi_{max}$  values of different vitality trees was  $-0.44 \pm 0.01 \dots -0.79 \pm 0.04$  MPa. With a decrease in soil moisture, a significant reduction in  $\Psi_{max}$  of the suppressed trees to  $-1.39 \pm 0.05$  MPa was established, while  $\Psi_{max}$  values of the dominant trees remained at the same level  $-0.75$  MPa. With increase soil moisture availability, the decrease in water deficiency in plants is shown, in particular, an increase in  $\Psi_{max}$  values in both dominant and suppressed trees, which are  $-0.58 \pm 0.06$  and  $-0.57 \pm 0.05$ , respectively. Heterogenous reaction of pine was associated with different vitality across the soil moisture gradient.

The effect of industrial pollution with sulphur and heavy metals on the parameters of water regime (the water potential of needled shoots) and mineral nutrition (*NPK* content and ratio in needles) in *Pinus sylvestris* L. and *Picea obovata* Ledeb. was studied in forest ecosystems of northern taiga (67°60'N, 32°30'E, Kola Peninsula, Murmansk region) in the impact zone of the "Severonickel" copper-nickel smelter. Variables of these processes were used to characterize the functional condition of the plants. Simultaneously, the vitality status was determined by visual traits (crown shape, needle life span and degree of damage). Non-linear decrease in *N* content, increase in *K* content and water deficit were found to accompany deterioration of the tree vitality status. Spruce was found to have closer correlations between these parameters and the vitality status than pine.

The study of cutting effect (62°10'N, 33°60'E, southern Karelia) on the parameters of the CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O exchange in *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L., *Alnus incana* (L.) Moench and *Pinus sylvestris* L. showed a unidirectional reaction of different species under environmental change. The stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*), the rates of photosynthesis (*A*) and transpiration (*E*), the photosynthetic efficiency of water use (*WUE*) in both coniferous and deciduous species decreased in a fresh bilberry pine stand as compared to cutting. The greatest level of plasticity of *g<sub>s</sub>*, *A* and *E* is noted in the coniferous plant, which indicates its higher adaptive potential compared to deciduous plants. Equally low values of the plasticity level of water exchange parameters in both coniferous and deciduous plants were probably due to the overall strategy of maintaining the water content in the tissues at a constant level.

*This work was conducted within the frameworks of the federal programs of the Forest Research Institute of KarRC RAS (project No 0220-2014-0010) and with partial funding of the Russian Foundation for Basic Research (project No 13-04-00827-a).*

## **МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШЕСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. НА РУССКОЙ РАВНИНЕ**

Пришневская Я.В.<sup>2</sup>, Боронникова С.В.<sup>1</sup>, Насонова Е.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет,

Пермь, Россия, [svboronnikova@yandex.ru](mailto:svboronnikova@yandex.ru)

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт, Пермь, Россия, [yana\\_prishnevskaya@mail.ru](mailto:yana_prishnevskaya@mail.ru)

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – один из наиболее широко распространенных экономически важных лесобразующих видов России. Изучение *P. sylvestris* с использованием ДНК-маркеров, таких как ISSR-маркеры, важно для выявления генетического разнообразия и определения генетической структуры популяций сосны обыкновенной в Европейской части России.

Объектами исследований являлись шесть популяций *P. sylvestris*, произрастающие на территории Русской равнины: *Ps7* – в Ежихинском лесничестве (лес-ве) Кировской области (обл.); *Ps8* – в Уренском лес-ве

Нижегородской обл., *Ps9* – в Руткинском лес-ве и *Ps10* – в Кокшайском лес-ве Республики Марий Эл; *Ps11* – в Кирском лес-ве Чувашской Республики; *Ps12* – в Инзетском лес-ве Ульяновской обл.

При анализе фрагментов ДНК, амплифицированных в результате ПЦР с использованием ISSR (Inter Simple Sequence Repeats)-метода определения полиморфизма ДНК, в изученных популяциях выявлено 110 ISSR-маркеров, из которых 104 были полиморфными ( $P_{95} = 0,945$ ). Число амплифицированных ISSR-маркеров варьировало в зависимости от праймера от 13 (праймер (GA)<sub>8</sub>C) до 19 (праймер (AC)<sub>8</sub>T), а их размеры – от 160 до 1 650 п.н. В среднем один праймер инициировал синтез 13,4 ISSR-маркеров. Доля полиморфных локусов в выборке в зависимости от ISSR-праймера колебалась от 0,875 до 1,000. Ожидаемая гетерозиготность ( $H_E$ ) по локусам в общей выборке составила 0,169, в популяции *Ps7* и *Ps8* этот показатель минимальный ( $H_E = 0,099$ ), а в популяции *Ps9* и *Ps11* максимальный – 0,215. Абсолютное число аллелей на локус ( $n_a$ ) на общую выборку составило 1,991. Этот параметр наивысший в популяции *Ps11* ( $n_a = 1,600$ ), в популяции *Ps7* он наименьший ( $n_a = 1,346$ ). Эффективное число аллелей на локус ( $n_e$ ) на общую выборку равно 1,614. Максимальное число эффективных аллелей на локус отмечено в популяции *Ps9* ( $n_e = 1,368$ ), а минимальное – в популяции *Ps8* ( $n_e = 1,153$ ). В популяции *Ps12* выявлено наибольшее число редких ISSR-маркеров ( $R = 3$ ), характерных лишь для особей этой популяции. В *Ps7* установлено два редких ISSR-маркера; в популяциях *Ps9*, *Ps10* и *Ps11* выявлено по одному редкому ISSR-маркеру. В единственной популяции (*Ps8*) редкие маркеры не установлены. Ожидаемая доля гетерозиготных генотипов ( $H_T$ ) в среднем составило 0,353, ожидаемая доля гетерозиготных генотипов в отдельной популяции по всем локусам ( $H_S$ ) – 0,169, поэтому коэффициент подразделенности популяций ( $G_{ST}$ ) составил 0,523. Таким образом, на межпопуляционную компоненту генетического разнообразия приходится 52,3%. На дендрограмме, построенной невзвешенным парно-групповым методом, популяции образовали 3 кластера: в первый входят популяции *Ps9* и *Ps10*, во второй – *Ps7* и *Ps8* и в третий – *Ps11* и *Ps12*. На наибольшем генетическом расстоянии находятся популяции *Ps7* и *Ps12* ( $D = 0,516$ ), а наименьшее генетическое расстояние установлено между *Ps7* и *Ps8* ( $D = 0,061$ ).

Среди изученных популяций *P. sylvestris* самые высокие показатели генетического разнообразия отмечены в *Ps11* ( $P_{95} = 0,739$ ;  $H_E = 0,215$ ;  $n_e = 1,367$ ), а самые низкие – в *Ps7* ( $P_{95} = 0,506$ ;  $H_E = 0,099$ ;  $n_e = 1,162$ ). Популяцию *Ps11* можно рекомендовать для сохранения генофонда вида на популяционном уровне, а *Ps7* – для введения срочных мер охраны.

## MOLECULAR-GENETIC ANALYSIS OF SIX POPULATIONS OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN THE RUSSIAN PLAIN

Prishnivskaya Ya.V.<sup>2</sup>, Boronnikova S.V.<sup>1</sup>, Nassonova E.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Permian State National Research University, Perm, Russia, [svboronnikova@yandex.ru](mailto:svboronnikova@yandex.ru)

<sup>2</sup>Institute of Natural Science, Perm, Russia, [yana\\_prishnivskaya@mail.ru](mailto:yana_prishnivskaya@mail.ru)

Pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of the most widely spread economically important forest-forming species in Russia. The study of *P. sylvestris* using DNA markers, such as ISSR markers, is important for revealing genetic diversity and determining the genetic structure of Scots pine populations in the European part of Russia.

The objects of research were six *P. sylvestris* populations growing on the territory of the Russian plain: *Ps7* – in the Ezhikhinsky forest of the Kirov region; *Ps8* – in the Urensky forest of the Nizhny Novgorod region, *Ps9* – in the Rutkinsky forestry and *Ps10* – in the Kokshay forest of the Republic of Mari El; *Ps11* – in the Kirsk Forest of the Chuvash Republic; *Ps12* – in the Inzet forest of the Ulyanovsk region.

When analyzing DNA fragments amplified by PCR using the ISSR (Inter Simple Sequence Repeats), a method for determining DNA polymorphism, 110 ISSR markers were identified in the studied populations, of which 104 were polymorphic ( $P_{95} = 0.945$ ). The number of amplified ISSR markers varied depending on the primer from 13 (primer (GA)<sub>8</sub>C) to 19 (primer (AC)<sub>8</sub>T), and their sizes from 160 to 1 650 bp. On average, one primer initiated the synthesis of 13.4 ISSR markers. The proportion of polymorphic loci in the sample, depending on the ISSR primer, ranged from 0.875 to 1.000. The expected heterozygosity ( $H_E$ ) for loci in the total sample was 0.169, in the *Ps7* and *Ps8* population this index is minimal ( $H_E = 0.099$ ), and in the *Ps9* and *Ps11* population the maximum is 0.215. The absolute number of alleles per locus ( $n_a$ ) for the total sample was 1.991. This parameter is the highest in the *Ps11* population ( $n_a = 1.600$ ), in the *Ps7* population it is the smallest ( $n_a = 1.346$ ). The effective number of alleles per locus ( $n_e$ ) for the total sample is 1.614. The maximum number of effective alleles per locus was observed in the *Ps9* population ( $n_e = 1.368$ ), and the minimal number in the *Ps8* population ( $n_e = 1.153$ ). In the *Ps12* population, the greatest number of rare ISSR markers ( $R = 3$ ) was found, characteristic only for individuals of this population. In *Ps7*, 2 rare ISSR markers are installed; in populations *Ps9*, *Ps10* and *Ps11*, one rare ISSR marker was identified. In a single population (*Ps8*), rare markers are not established. The expected share of heterozygous genotypes ( $H_T$ ) on the average was 0.353, the expected share of heterozygous genotypes in a single population for all loci is ( $H_S$ ) – 1.169, so the coefficient of population subdivision ( $G_{ST}$ ) was 0.523. Thus, 52.3% account for the interpopulation component of genetic diversity. On the dendrogram constructed by an unweighted pair-group method of the population, 3 clusters were formed: the first includes the populations *Ps9* and *Ps10*, in the second – *Ps7* and *Ps8* and in the third – *Ps11* and *Ps12*. At the greatest genetic distance are the populations *Ps7* and *Ps12* ( $D = 0.516$ ), and the smallest genetic distance is established between *Ps7* and *Ps8* ( $D = 0.061$ ).



Among the studied populations of *P. sylvestris*, the highest indices of genetic diversity are noted in *Ps11* ( $P_{95} = 0.739$ ;  $H_E = 0.215$ ;  $n_e = 1.367$ ), and the lowest in *Ps7* ( $P_{95} = 0.506$ ,  $H_E = 0.099$ ,  $n_e = 1.162$ ). Population *Ps11* can be recommended for the conservation of the gene pool of the species at the population level, and *Ps7* for the introduction of urgent measures of protection.

## ГИБРИДНЫЙ ВИД *POPULUS* × *JRTYSCHENSIS* СН.У. YANG. В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТОМИ

Прошкин Б.В.<sup>1</sup>, Климов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия,  
*boris.vladimirovich.93@mail.ru*

<sup>2</sup>Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,  
Новокузнецк, Россия, *populus0709@mail.ru*

*Populus* × *jrtyschensis* – широко распространенный естественный гибрид в местах наложения ареалов *P. laurifolia* Ledeb. и *P. nigra* L. в Алтае-Саянской горной стране. В бассейне реки Томи он обычно встречается спорадично в смешанных насаждениях родительских видов, но иногда образует популяции, приуроченные к «гибридным местообитаниям», возникновение которых связано с природными и антропогенными факторами. Первые возникают в пойме как следствие катастрофических нарушений, связанных с динамикой русловых процессов. В отдельные годы снежно-ледовые паводки приводят к значительным разрушениям почвенно-растительного покрова на участках поймы. В результате формируются участки оголенного субстрата, пригодные для заселения тополем. Но экологически они не являются аналогами прирусловой отмели, и служат «гибридными местообитаниями», то есть участками, где особи *P. nigra* и *P. laurifolia* не имеют конкурентных преимуществ перед *P. × jrtyschensis*. Поскольку они выше и суше по сравнению с отмелями и отличаются по составу аллювия. Их возникновение носит циклический характер и связано с гидрологическим режимом рек. «Антропогенные» популяции возникают как в пойме, так и за ее пределами вследствие хозяйственной деятельности человека, приводящей к разрушению почвенно-растительного покрова.

Возрастной состав популяций, определенный по годичным кольцам стволов деревьев, не позволяет точно датировать время поселения особей тополя на прирусловых отложениях, а маркирует время перехода его роста от кустовидного к дереву. Он также показывает, что несмотря на обильное ежегодное плодоношение тополя условия для успешной массовой колонизации прирусловых отмелей возникают в бассейне Томи периодически, примерно один раз в 10 лет. В «природных» популяциях наибольшее количество особей *P. × jrtyschensis* наблюдается в беспокровных топольниках (1-15 лет) и жердняках (20-35 лет), в зрелых (свыше 40 лет) отмечены только единичные особи. Это отражает действие естественного отбора в природных условиях, приводящее к элиминации гибридов, так как они не могут успешно конкурировать с родительскими видами.

Уровни изменчивости морфометрических признаков листьев особей *P. × jrtyshensis* в «природных» популяциях невысокие, по морфологии листьев среди них преобладают промежуточные формы. В «антропогенных» популяциях давление отбора низкое, уровни изменчивости выше, особи разновозрастные и разнокачественные по морфологии листовой пластинки. Поэтому, антропогенные «гибридные местообитания» представляют значительный интерес для отбора ценных форм спонтанных гибридов. В целом, и в «природных», и в «антропогенных» популяциях с учетом дифференциации побегов кроны наблюдаемая гибридизация носит односторонний, асимметричный характер, гибриды уклоняются в сторону тополя лавролистного. Несмотря на длительность протекающей гибридизации в пойме р. Томи *P. nigra* и *P. laurifolia* хорошо различаются.

### **HYBRID *POPULUS* X *JRTYSCHENSIS* CH.Y. YANG. IN BASIN THE RIVER TOM**

Proshkin B.V.<sup>1</sup>, Klimov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia, [boris.vladimirovich.93@mail.ru](mailto:boris.vladimirovich.93@mail.ru)

<sup>2</sup>Novokuznetsk Institute (Branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Russia,  
[populus0709@mail.ru](mailto:populus0709@mail.ru)

*Populus × jrtyshensis* is a widespread natural hybrid at the sites of *P. laurifolia* Ledeb. And *P. nigra* L. in the Altai-Sayan mountainous country. In the river basin Tom, it usually occurs sporadically in mixed stands of parental species, but sometimes forms populations associated with "hybrid habitats", the occurrence of which is associated with natural and anthropogenic factors. The first arise in the floodplain as a consequence of catastrophic disturbances associated with the dynamics of channel processes. In some years, snow-ice floods lead to significant destruction of soil and vegetation cover in floodplain areas. As a result, sections of bare substrate suitable for poplar settlement are formed. But ecologically they are not analogues of the riverine shallows, and serve as "hybrid habitats" that is, areas where *P. nigra* and *P. laurifolia* do not have competitive advantages over *P. × jrtyshensis*. Because they are higher and drier than the shoals and differ in the composition of the alluvium. Their occurrence is cyclical and connected with the hydrological regime of rivers. "Anthropogenic" populations arise both in the floodplain and beyond its limits as a result of human economic activity, which leads to the destruction of the soil and vegetation cover.

The age composition of the populations determined from annual tree trunks rings does not allow to accurately date the time of settling of poplar individuals on the riverine sediments, but marks the time of its growth from bush to tree. He also shows that despite the abundant annual fruiting of the poplar, conditions for the successful mass colonization of riverine shallows occur periodically in the river basin Tom, approximately once every 10 years. In the "natural" populations, the largest number of *P. × jrtyshensis* specimens is observed in unprotected topolniki (1-15 years old) and zherdnyak (20-35 years), in mature (over 40 years) only single

individuals are noted. This reflects the effect of natural selection in natural conditions, leading to the elimination of hybrids, since they cannot successfully compete with parental species.

Levels of variability of morphometric characteristics of leaves of individuals of *P. × jrtyshensis* in "natural" populations are low, intermediate forms predominate among the leaves morphology. In "anthropogenic" populations, the pressure of selection is low, the levels of variability are higher, individuals of different age and of different quality in the morphology of the leaf blade. Therefore, anthropogenic "hybrid habitats" are of considerable interest for the selection of valuable forms of spontaneous hybrids. In general, in both "natural" and "anthropogenic" populations, taking into account the differentiation of crown shoots, the observed hybridization has a one-sided, asymmetric character, the hybrids evade towards the laurel poplar. Despite the duration of ongoing hybridization in the floodplain of the river Tom *P. nigra* and *P. laurifolia* differ well.

## **СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ В КАРЕЛИИ**

Раевский Б.В.

Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия,  
*borisraevsky@gmail.com*

В своем базовом варианте селекция сосны обыкновенной осуществляется на быстроту роста. Поэтому рост клонов сосны в высоту принимается в качестве ведущего признака. Все клоны на плантации, соответствующие критерию ( $\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$ ) рассматриваются как носители «генов быстрого роста». Из всех параметров, характеризующих активность репродуктивной сферы клонов сосны, только один может быть выделен в качестве интегрального признака, отражающего реальный вклад клона в урожай лесосеменной плантации и генофонд будущих поколений – это среднее число полнозернистых семян на одну прививку (рамету). Его следует считать вторым по важности после оценки роста клона сосны в высоту. Вариант селекции по этим двум признакам выглядит наиболее оптимальным для сосны обыкновенной.

На первом этапе отбора в качестве ведущего признака принимается высота ствола клона с пороговым значением ( $\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$ ).

На втором этапе анализируется вся совокупность габитуальных признаков (сбежистость ствола, ширина кроны, толщина сучьев и т.п.) в аспекте гармоничности облика дерева и подверженности снеголому. В качестве ведущего количественного признака принимается «средний диаметр у основания трех самых толстых веток, расположенных на высоте 1,5-2,0 м». При формировании выборки не допускается его увеличение более чем на 1-2% по сравнению со средней величиной, рассчитанной для участка.

На третьем этапе анализируется комплекс признаков семенной продуктивности клонов, прошедших через сито отбора предыдущих этапов. В качестве ведущего признака принимается число полнозернистых семян на рамету с отбором по стандарту ( $\geq \bar{X}$ ).

Четвертый этап заключается в испытании семенного потомства и оценке клонов по общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС). Возраст предварительной оценки предполагается равным 8-10 годам. Окончательная оценка, по всей видимости, будет осуществляться по достижению испытательными посадками 27-30-летнего рубежа.

В результате практического применения вышеописанной методики с интенсивностью селекции на уровне 10-11% лучших вегетативных потомств, характеристики набора отселектированных клонов изменились, по сравнению с исходным, следующим образом: средняя высота, диаметр ствола, диаметр ветвей и ширина кроны увеличились на 7,6; 2,6; 1,2 и 2,1% соответственно, при одновременном росте семенной продуктивности на 43,2%. Сказанное означает, что при незначительном увеличении размера деревьев по сравнению с ЛСП I порядка, урожай семян на ЛСП I,5 поколения в межсеменные годы может возрасти с 4,1 кг/га до 5,9 кг/га. Расчет выполнен на примере Петрозаводской ЛСП. Общая комбинационная способность лучших клонов в 30-летних испытательных культурах составила по диаметру ствола – 13,6%, а по объему – 32,8%. Таким образом, даже на этапе использования генетически улучшенных семян с ЛСП I,5 порядка при создании плантационных культур сосны может быть достигнуто увеличение запаса деловой древесины в размере 47 м<sup>3</sup>/га в возрасте 30 лет и 122 м<sup>3</sup>/га на момент рубки в 60 лет, при условии роста культур по I классу бонитета.

## **BREEDING AND GENETIC ASSESSMENT PROCEDURE FOR SCOTS PINE CLONES GROWN AT SEED ORCHARDS IN RUSSIAN KARELIA**

Raevskii B.V.

Forest Research Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences,  
Petrozavodsk, Russia, *borisraevsky@gmail.com*

Fast height growth selection usually considered as the basic type of Scots pine breeding strategy. Due to this fact height growth of pine clones usually is taken as the first key feature. In the view of good seed production there is only one indicator that could be adopted as having summarized effect reflecting the real contribution of a clone to the whole seed orchard yield. This is an average number of full seeds per tree (ramet). This trait is the second most important one after the height growth ability feature. The way of two-trait breeding program with the aforesaid features seemed to be the most suitable for Scots pine. Main theses of 4-stages complex assessment procedure have been formulated concerning Scots pine vegetative progenies grown at seed orchards. It was stated that this system of breeding and genetic assessment is based on correlations found for habitus and reproductive features of Scots pine clones along with the height growth ability of their seed

progenies. In the first stage pine clones meeting the criteria ( $\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$ ) regarding height growth are to be selected. In the second stage, clones with hard tapering stem and crown formed by long and thick branches have to be discarded. At this stage, such feature as "mean diameter of three thickest limbs at the height of 1.5-2.0 m" became the key factor. Its mean value for selected clones must not be by 1-2% higher than for general clone set. In the third stage a complex of reproductive features for clones that have passed the previous stages are taken into account. The trait "average number of full seeds per ramet" is the key feature in this stage according to the criteria ( $\geq \bar{X}$ ). The fourth stage implies that progeny trials with open-pollinated progenies ought to be laid down to calculate the general and specific combining ability. It has been concluded that high intensive selection of clones grown at the I-stage seed orchards (10-11% of the best clones from a total set) promotes a substantial genetic gain expected at the subsequent breeding stages. As a result, habitus features of the selected clones became much better. The height and stem diameter increased by 7.6% and 2.6% and crown width along with branch diameter did the same by 2.1% and 1.2%, respectively. At the same time seed yield increased by 43.0%. All said above means that average normal seed yield of pine grafted seed orchard (GSO) of I.5 generation could be raised from 4.1 kg/ha up to 5.9 kg/ha. Calculation had been done for Petrozavodsk GSO. In 30-year progeny trial mean general combining ability (GCA) of the selected clones were 13.6% by stem diameter and 32.8% by stem volume. Thus, even at this level of breeding process an increase of pine plantings' growing volume amounting to 47 m<sup>3</sup>/ha can be achieved by 30-year and 122 m<sup>3</sup>/ha by 60 year age in case of I class (bonitet) site conditions.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОДБОРА РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ПРИ СЕЛЕКЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Поплавская Л.Ф., Ребко С.В., Тупик П.В.

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь,  
*limmil@mail.ru*

Наиболее перспективным методом в лесной селекции является отдаленная внутривидовая гибридизация путем скрещивания представителей различных климатипов. Успех гибридизации в значительной степени определяется правильным подбором родительских пар для скрещивания. Общим показателем при подборе родительских пар для гибридизации является высокая выраженность у них интересующих селекционера признаков и свойств. В случае удачного подбора родительских пар, т.е. пар с высокой комбинационной способностью, можно получить гибридное потомство с четко выраженным гетерозисным эффектом. Основным принципом подбора родительских пар при скрещивании является эколого-географический метод, суть которого заключается в том, что признаки и свойства, разобщенные между географически и экологически отдаленными формами и

разновидностями, объединяются в одном новом сорте в нужном сочетании. Данный метод был применен нами при создании клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза. В качестве материнских деревьев для заготовки черенков были отобраны деревья гроздешишечной формы в географических культурах второго поколения среди климатипов Белгородского, Воронежского, Саратовского и Кировского происхождений, а также лучшие по фенотипу деревья из этих же культур с обычным семеношением (смесь черенков). Сейчас на плантации произрастает 91 прививка, в том числе 19 гроздешишечной формы. Среднее количество шишек на одной прививке этой формы в 8-летнем возрасте составляет 132 шт. Сравнение достаточно продуктивных клонов сосны обыкновенной с ее гроздешишечной формой дает основание считать, что эта форма является перспективной для семенных прививочных плантаций. Семенное потомство гибридно-семенной плантации с участием гроздешишечной формы прошло стационарное и государственной испытание, на основании которых впервые в Беларуси зарегистрирован сорт сосны обыкновенной «Негорельская», который отличается интенсивным ростом, а также ранним и обильным семеношением.

## **THE USE OF ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL METHOD OF SELECTION OF PARENTAL PAIRS IN BREEDING OF SCOTS PINE**

Poplavskaya L.F., Rebko S.V., Tupik P.V.

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, [limmil@mail.ru](mailto:limmil@mail.ru)

The most promising method in forest breeding is heated by intraspecific hybridization by crossing representatives of various regions. The success of hybridization is largely determined by proper selection of parental pairs for crossing. The General index in the selection of parental pairs for hybridization is high intensity they are interested in the breeder's characteristics and properties. In case of successful selection of parental pairs, i.e., pairs with high matching ability, you can get a hybrid offspring with a distinct heterotic effect. The main principle of selection of parental pairs in crosses is an ecological-geographical method, the essence of which is that the characteristics and properties, separated between geographically and ecologically distant forms and species, are combined in one new variety in combination. This method was applied in the creation of clonal hybrid seed plantation of Scots pine on territory Negorelsky training and experimental enterprise. As mother trees for harvesting cuttings were selected trees botrys forms in geographical cultures of the second generation among the regions of Belgorod, Voronezh, Saratov and Kirov origin, as well as the best on the phenotype of trees of the same crop with the conventional seed (mix of cuttings). Now on the plantation grows 91 inoculation, including 19 botrys forms. The average number of cones on the same graft this form 8-years of age approximately 132 pieces Compare quite productive clones of Scots pine with its botrys form gives reason to believe that this is a promising seed for grafting plantations. Seed progeny of hybrid-seed plantations

with the participation of botrys form the station and passed the state test on the basis of which for the first time in Belarus was sort of *Pinus sylvestris* "Negorelskaya", which is characterized by intensive growth and early and abundant seed.

## МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ромашкин Д.Ю.<sup>1</sup>, Ромашкина И.В.<sup>1,2</sup>, Раздайковин А.Н.<sup>1</sup>, Радин А.И.<sup>1</sup>,  
Калнин В.В.<sup>1</sup>, Крутовский К.В.<sup>3,4,5,6</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства,  
Пушкино, Россия, [info@roslesrad.ru](mailto:info@roslesrad.ru)

<sup>2</sup>Филиал Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и  
Ю.А. Овчинникова РАН, Пушкино, Россия

<sup>3</sup>Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия,  
[konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de](mailto:konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de)

<sup>4</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

<sup>5</sup>Научно-образовательный центр геномных исследований Сибирского федерального  
университета, Красноярск, Россия

<sup>6</sup>Техасский университет АМ, Колледж-Стейшен, Техас, США

При оценке состояния лесных генетических ресурсов хвойно-широколиственных лесов в европейской части Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате техногенной катастрофы на Чернобыльской АЭС, необходимо использовать комплексные методы, включающие оценку модификационной и генетической изменчивости популяций.

Нами была рассмотрена возможность использования индекса флуктуирующей асимметрии (ИФА), как показателя модификационной изменчивости, для биоиндикационной оценки биологической устойчивости лесных насаждений при аэротехногенном радиоактивном загрязнении у деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) в зоне радиоактивного загрязнения, вызванного аварией на Чернобыльской АЭС (Брянская область, Россия). ИФА сравнивался у деревьев из трех популяций, произрастающих на почвах с разным уровнем загрязнения. Одновременно были генотипированы микросателлитные (SSR) локусы в мегагаметофитах и зародышах семян и хвои деревьев сосны обыкновенной для изучения частоты мутаций.

На основе полученных данных был сделан вывод о том, что ИФА связан не столько с плотностью загрязнения почвы и МЭД, сколько с содержанием <sup>137</sup>Cs в органах и тканях растений и увеличивается при повышении в них удельного содержания радионуклидов. При этом ИФА можно считать биоиндикатором нестабильности генома даже в таких радиорезистентных видах, как берёза.

Частота мутаций, индуцированных низкой дозы облучения, была изучена путём генотипирования микросателлитных локусов (SSR) в гаплоидных

мегагаметофитах и диплоидных зародышах семян сосны обыкновенной, а также хвои. Геномную ДНК экстрагировали из проросших семян (отдельно из мегагаметофитов и зародышей) сосен, растущих в трех популяциях с различным уровнем хронического радиоактивного облучения, а также из хвои этих деревьев. Было протестировано 26 SSR-праймеров и отобрано 11 надежно амплифицирующих SSR-праймеров для поиска мутаций. Нами были обнаружены множественные нарушения нормальной сегрегации гамет в семенном потомстве сосны обыкновенной, количество которых увеличивалось при возрастании дозы радиоактивного облучения.

Дальнейшая работа будет направлена на проведение исследований в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС по следующим направлениям:

- лесоводственно-генетическая характеристика нескольких поколений насаждений, произрастающих на радиоактивно загрязненных территориях;
- оценка генетической эрозии в искусственных насаждениях, возникающей при отсутствии лесохозяйственной деятельности;
- лесоводственно-генетическая характеристика лиственных и хвойных молодняков, возникших на заброшенных сельскохозяйственных и техногенных землях, с целью разработки рекомендаций по их рациональному использованию.

## **THE MORPHOGENETIC ESTIMATE OF FOREST PLANTATIONS GROWING UNDER RADIOACTIVE CONTAMINATION**

Romashkin D. Yu.<sup>1</sup>, Romashkina I. V.<sup>1,2</sup>, Razdayvodin A. N.<sup>1</sup>, Radin A. I.<sup>1</sup>,  
Kalnin V. V.<sup>1</sup>, Krutovsky K. V.<sup>3,4,5,6</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Pushkino, Russia,  
*info@roslesrad.ru*

<sup>2</sup>Branch of M.M. Shemyakin & Yu.A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry,  
Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

<sup>3</sup>Georg-August-University of Göttingen, Göttingen, Germany,  
*konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de*

<sup>4</sup>N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>6</sup>Texas A&M University, College Station, USA

Foreestimate the state of forest genetic resources of forests in the European part of the Russian Federation, growing under radioactive contamination because of the Chernobyl disaster, it is necessary to used complex methods, including estimation of the modification and genetic variability of populations.

Therefore, to estimate biological sustainability of forests under radioactive contamination FAI was measured in trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Silver birch (*Betula pendula* Roth) in the contaminated area after Chernobyl accident (Bryansk Region, Russia) and compared it across populations with different level of contamination. In addition, we genotyped microsatellite (SSR) loci



in megagametophytes, embryos and needles of Scots pine trees to study mutation rate.

Increased FAI of birch leaves and pine needles was significantly linked with increased of dose-related radionuclide content (Cs-137). FAI is very likely a signature of genome instability even in such radio-resistance species as Silver birch.

Mutation rates induced by low radiation dose were studied by genotyping of SSR loci in Scots pine haploid megagametophytes, embryos and needles. Genomic DNA was extracted from germinated seeds (separately from the embryo and megagametophyte) from pine trees growing on three sites with different chronic radioactive exposure, and from the needles of these trees. We tested 26 SSR-primers and selected 11 reliably performing SSR-primers for searching the mutations. We have done 3 900 locus-tests (1 300 locus-tests per site). To confirm mutations we estimated the segregation of maternal genotype in megagametophytes. In general, based on the obtained SSR data multiple segregation distortions were observed in the seeds of Scots pine. Three cases of distortions were found in the control site (0.11 mSv/h), 15 – in the second site (~0.35 mSv/h) including confirmed cases of lack of amplification of the maternal allele of certain loci in a megagametophyte and an embryo in the same seed, which was not observed in the control site), and 25 – in the third, the most contaminated site (0.74 mSv/h).

Further research of forest plantations growing under radioactive contamination will be followed in the next areas:

- silvicultural and genetic characteristics of plantations generations growing under radioactive contamination;

- assessment of genetic erosion in artificial plantations that occur in the absence of silvicultural activities;

- silvicultural and genetic characteristics of deciduous and coniferous young plantations growing in agricultural and technogenic lands, with the purpose of developing recommendations for their rational use.

## **LATVIAN ASH (*FRAXINUS EXCELSIOR* L.) GENETIC DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE ANALYSIS**

Dainis Runģis<sup>1</sup>, Anna Korica, Agnese Gailīte, Ilze Pušpure, Ilze Veinberga  
LSFRI "Silava", Rīgas 111, Salapils LV-2169, Latvia

<sup>1</sup>[dainis.rungis@silava.lv](mailto:dainis.rungis@silava.lv)

Common ash (*Fraxinus excelsior* L.) is widely distributed throughout central Europe, but Latvia is almost at the north eastern edge of the distribution range. Throughout Europe, ash dieback is a serious problem, a fungal disease caused by the introduced ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus*. Chloroplast and nuclear DNA markers have been used in the analysis of ash genetic diversity and population structure in both Europe-wide surveys as well as in individual countries. Some of the utilised markers are common between studies, enabling direct comparisons of the genetic parameters calculated from the nuclear SSR marker data and the haplotypes identified with the chloroplast markers. Analysis of chloroplast markers

revealed only one haplotype in Latvian stands, which corresponds to the haplotype previously found in Eastern Europe and Scandinavia. The central European haplotype was found in all individuals from the Ķemeri stand, indicating that this stand has originated from introduced germplasm. The nuclear SSR markers revealed low levels of differentiation of Latvian *F. excelsior* stands, probably due efficient pollen flow between stands.

*Keywords:* pollen flow, population differentiation, introduced germplasm, post-glacial migration

## ГЕНЕТИКО-ЭКОЛОГО-КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТРОДУКЦИИ И СЕМЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Санников С.Н.<sup>1</sup>, Егоров Е.В.<sup>1</sup>, Афонин А.Н.<sup>2</sup>, Чернодубов А.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, *sannikovanelly@mail.ru*

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
*afonin-biogis@yandex.ru*

<sup>3</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия, *leskulvglta@gmail.com*

Несмотря на многовековой опыт акклиматизации растений теория, эколого-генеогеографические подходы и методы оценки адаптивного потенциала интродуцентов в новых местообитаниях, а также лесосеменного районирования и трансфера популяций лесообразующих видов, в частности *Pinus sylvestris* L., обоснованы далеко недостаточно.

Теоретическим фундаментом лесосеменного районирования и трансфера семян сосны может служить микроэволюционное учение, генеогеографическим – проведенное нами подразделение ее ареала на филогенеогеографические регионы, а экологическим – климатолого-географические закономерности акклиматизации ее культур.

В итоге регрессионного эоклиматологического анализа географических культур *P. sylvestris* в лесостепи Русской равнины (Воронеж) установлено достоверное уменьшение параметров их выживания и древесной продукции по мере увеличения градиентов лимитирующих факторов климата – длины вегетационного периода и фотопериода – между местообитаниями их происхождения и интродукции, выявленное как на меридиональной, так и на долготной трансектах. Таким образом, впервые на количественном факториально-климатологическом уровне подтверждены гипотеза о закономерном снижении адаптивности интродуцируемых популяций растений, по сравнению с местными, по мере их отдаления от места интродукции и корректность принципа «климатических топоаналогов» в акклиматизации растений. Открывается возможность эоклиматологического прогноза успешности их интродукции.

В качестве ординационной матрицы лесосеменного районирования в пределах всего ареала *P. sylvestris* предложена тотальная сеть географических

координат и образуемых ею элементарных лесосеменных районов с размерами «клеток» 1° по широте и 5° по долготе, обладающая информационными преимуществами.

На базе выявленных связей выживания и роста интродуцированных культур сосны обыкновенной с климатическими градиентами предложены методы и, в первом приближении, параметры регламентации трансфера ее семян по широте, долготе и высоте над уровнем моря.

Предложенные принципы могут служить генетико-климатолого-географической основой развития теории акклиматизации растений и систем регионального и общевидового семенного районирования лесов сосны обыкновенной и других видов для их культур, селекции и гибридизации.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 16-04-00948) и комплексной программы Уральского отделения РАН 15-12-4-21*

## **GENETIC-ECOLOGIC-CLIMATOLOGICAL PRINCIPLES OF INTRODUCTION AND SEED ZONING OF *PINUS SYLVESTRIS* L POPULATION**

Sannikov S.N.<sup>1</sup>, Egorov E.V.<sup>1</sup>, Afonin A.N.<sup>2</sup>, Chernodubov A.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia, *sannikovanelly@mail.ru*

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, *afonin-biogis@yandex.ru*

<sup>3</sup>G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia, *leskulvglta@gmail.com*

Though the humanity has centuries-long experience of plant acclimatization the theoretical principles, ecological and genogeographical approaches and methods of evaluation of introduced species adaptive potential in new habitats as well as forest seed zoning and transfer of forest-forming species, in particular *Pinus sylvestris* L., are not sufficiently grounded

The theoretical basis for forest seed zoning and pine seed transfer is the microevolutionary theory, the genogeographical basis is the pine habitat segmentation into phylogenogeographic regions performed by us and the ecological basis is the climatological and geographic acclimatization regularities of the plant acclimatization.

As a result of regressive ecoclimatological analysis of *Pinus sylvestris* parameters in Russian Plain forest-steppe (Voronez) we determined the true-worth decrease of their vitality and stand production parameters according to the increase of climate limiting factor gradients – duration of vegetative period and photoperiod – between sites of origin and introduction of populations both along the submeridional transect and the longitudinal one. Thus, the hypothesis about the natural adaptability decreasing of introduced plant populations, in comparison with local ones, as far as they get farther from the introduction place and correctness of the "climatic topoanalogues" principle in the plant acclimatization were confirmed

on the quantitative factorial-climatological level. So the possibility appears to make ecoclimatological prognosis about their introduction success.

Highly informative total net of geographical coordinates and corresponding basic forest seed regions divided into rectangles with sides 1° in latitude and 5° in longitude formed by it was suggested as the ordination matrix for forest seed zoning within the *P. sylvestris* range.

The methods and preliminary parameters of seed transfer regimentation in latitude, longitude and altitude were suggested basing on the revealed connections between survival and growth of introduced *P. sylvestris* with climatic gradients.

The suggested principles can serve as a genetic-climatologic-geographical base for development of plants acclimatization theory and systems of regional and federal seed zoning of *P. sylvestris* forests and other species and for their selection and hybridization.

*The research was performed under the support of grant of The Russian Foundation for Basic Research (project No 16-04-00948) and a comprehensive program of the Ural Branch of the RAS 15-12-4-21.*

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, [sannikovanelly@mail.ru](mailto:sannikovanelly@mail.ru)

Для создания единой системы лесных генетических резерватов (ЛГР) *Pinus sylvestris* L. и других лесообразующих видов необходимо генетическое и экологическое обоснование принципов и методов их выбора, ранговой оценки и классификации качества.

Безусловно, приоритетными критериями целесообразности выделения и сравнительной оценки класса качества ЛГР следует считать генетические параметры структуры их популяций: площадь, минимально достаточную для обеспечения уровня генетического полиморфизма; степень нарушения генофонда селективными (выборочными) рубками и уровень инфлюкса чуждой пыльцы и семян.

Аллозимный анализ параметров полиморфизма 26 маргинальных островных популяций *P. sylvestris* показал, что среднее число аллелей на локус и ожидаемая гетерозиготность критически падают при уменьшении их площади массивов сосны ниже 10-15 км<sup>2</sup>. Поэтому минимально достаточная площадь ЛГР первого класса качества составляет около 1,0 тыс. га. На основании установленных нами связей плотности пыльцевого потока с расстоянием от стены изолированного соснового леса минимальная ширина открытой периферической буферной зоны для защиты ЛГР от инфлюкса чуждой пыльцы (а тем более семян) составляет 1,5 км.

К числу ключевых экологических параметров оценки класса качества ЛГР, определяющих обилие их семеношения, самовозобновляемость,

продуктивность и экологическую стабильность, относятся минимально достаточная общая численность и жизненность древостоя популяции, а также урожайность и всхожесть ее семян.

Общая оценка класса качества ЛГР может быть определена на базе интегральной шкалы – путем последовательной аддитивной оценки по системе сопряженных частных шкал ранговой оценки их основных генетических и экологических параметров. Шкалы оценки отдельных эколого-генетических параметров целесообразно подразделить на 2-5 классов, прогрессивно возрастающих по мере ухудшения их качества (вплоть до некоторого предела, не достаточного для выделения ЛГР). Интегральная оценка класса ЛГР выводится на основе класса их приоритетного (базового) генетического параметра – площади ЛГР, – который увеличивается на 0,5 балла на каждый класс повышения (ухудшения) других генетических или экологических параметров интегральной шкалы. Например, при первом базовом классе I.0 площади ЛГР и всех других экогенетических параметров, но повышенном индексе инфлюкса чуждой пыльцы, равном 1-5%, соответствующем его II классу, интегральный класс ЛГР определяется равным  $I.0 + 0.5 = I.5$ , а при индексе инфлюкса пыльцы, равном 5-10%, –  $I.0 + 0.5 + 0.5 = II.0$ . Аналогично учитывается корректирующая роль всех других параметров генетической и экологической структуры ЛГР.

На основе интегральной ранговой системы единой оценки класса ЛГР открывается возможность их генетически и экологически обоснованного выделения, систематизации и классификации на региональном и общероссийском уровнях.

*Работа выполнена при поддержке Программы президиума РАН (проект № 15-04-03-899) и комплексной программы Уральского отделения РАН 15-12-4-13.*

## **ECOLOGICAL AND GENETIC PRINCIPLES FOR THE SELECTION AND CLASSIFICATION OF FOREST GENETIC RESERVES OF *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Sannikov S.N., Sannikova N.S., Petrova I.V.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,  
*sannikovanelly@mail.ru*

An introduction of uniform system of forest genetic reserves (FGR) of *Pinus sylvestris* L. and other forest-forming species is possible on the genetic and ecological principals and methods of their selecting, arranging and quality classification.

Definitely the main reasonable criteria of specifying and comparative evaluation of FGR quality classification are the genetic parameters of the population, namely the minimum area that is sufficient to ensure the required level of genetic polymorphism; the degree of genetic pole degradation caused by the selective cuttings and level of flux of foreign pollen and seeds.

The allozyme analysis of polymorphism parameters involving 26 insular marginal populations *P. sylvestris* show that the average number of alleles per locus and expected heterozygosity dramatically decrease if the pine forest area becomes under 10-15 km<sup>2</sup>. So, the minimum required area for the first-quality FGR is about 1 thousand hectares. Basing on the revealed correlations between the pollen flow density and the distance till the isolated pine forest wall we can state that the minimum width of open buffer zone required to protect the FGR from the immigration of foreign pollen (and seeds) is 1.5 km.

The key ecological parameters used to evaluate the FGR quality, which define the seedbearing, reproduction, productivity and ecological stability, are the minimum required total number and vitality of population stand as well as its yield and seed germination.

The FGR quality can be evaluated basing on the integral scale – with the help of sequential additive valuation using the system of integral individual scales for ranking of their main genetic and ecological parameters. The scales for evaluation of individual genetic and ecological parameters shall be divided into 2-5 classes, increasing progressively as their quality decreases (till it reaches some limit that is not sufficient to specify the FGR). The FGR class integral criterion is derived basing on the class of their main (basic) genetic parameter – FGR area – which grows per 0.5 score for each class of increasing (degradation) of other genetic and ecological parameters of integral scale. For example, if the FGR gets the first basic class 1.0 for the area and all the other ecological and genetic parameters but the flux index of foreign pollen is too high (1-5%) and corresponds to II class, then the FRG integral class will be  $I.0 + 0.5 = I.5$  and when the pollen flux index is 5-10%, –  $I.0 + 0.5 + 0.5 = II.0$ . The adjustments for all the other ecological and genetic parameters of FGR are performed in the same way.

Basing on the integral ranking system of uniform FGR class evaluation it becomes possible to specify, systemize and classify them on the genetic and ecological grounds at the local and all-Russian levels.

*The research is performed under support of the Program of General Committee of Russian Academy of Sciences (project No 16-04-00948) and a comprehensive program of the Ural Branch of the RAS 15-12-4-13.*

## **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ЛЕСОВ ГИРКАНСКОГО ТИПА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Сафаров Гаджиага М.<sup>1</sup>, Али-зада Валида М.<sup>2</sup>, Салимов Рашад А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ленкоранский Региональный научный центр, Азербайджанская НАН,  
Ленкорань, Азербайджан, *hajiaga\_safarov@yahoo.com*

<sup>2</sup>Институт ботаники, Азербайджанская НАН, Баку, Азербайджан,  
*vm\_alizade@yahoo.com, resad\_selimov@yahoo.com*

Изменение климата часто оказывает влияние на травянистую растительность. Иногда эти изменения сказываются также на древесных

растениях. В юго-восточной части Азербайджана находятся уникальные леса гирканского типа, занимая площадь более 138 000 га. Территория лесов состоит из двух частей: горная часть (предгорный, низкогорный, среднегорный пояса) площадью всего 91 гектар и находящаяся на 21,4 м ниже уровня моря низменная равнинная часть, которая является эталоном сохранившихся низменных лесов гирканского происхождения. В лесах гирканского типа обитает более чем 1 200 видов высших растений, около 100 из которых эндемики и реликты третичного периода. Среди этих видов железное дерево (*Parrotia persica* (DC.)), дуб каштанолистный (*Quercus castaneifolia* С.А. Мей.), ольха полусердцелистная (*Alnus subcordata* С.А. Мей.) лапина крылоплодная (*Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth.), шёлковая акация (*Albizzia julibrissin* Durazz.), инжир гирканский (*Ficus hircana* А. Grossh.), самшит гирканский (*Buxus hircana* Pojark), иглица гирканская (*Ruscus hircanus* Woronow), даная ветвистая (*Danae racemosa* (L.) Moench) и другие, занимающие соответствующее место в лесных сообществах. Климат территории является влажно субтропический с сухим летом (1 300-1 400 мм годовых осадков). Среднегодовая сумма эффективной температуры составляет 2 200-2 500 °С, количество дней в году с температурой выше 10 °С равно 220-225 дней. Сумма активной температуры (выше 0 °С) колеблется от 4 400 до 4 500 °С.

Одним из реликтовых видов, наиболее чувствительных к климатическим условиям, является ольха полусердцелистная (*Alnus subcordata* С.А. Мей.). Светолюбивое растение, эдификатор лесов по долинам рек. Образует насаждения в смеси с лапиной или другими древесными породами по берегам рек и ручьёв на богатых аллювиальных почвах с проточными водами в нижнем и среднем горном поясе. Сообщество ольхово-лапино-разнотравный лес (*Alneto-Pteryicaryetum vario-herbosum*) связано с повышенным увлажнением (ольха-гигрофит). Отвар от листьев ольхи полусердцевидного в местной народной медицине используется как лекарство для лечения сахарного диабета в начальной стадии.

После резкого похолодания в конце мая в горах выше 500 метров выпал снег, а через несколько дней резкое повышение температуры привело к появлению густого тумана, что содействовало появлению личинок мелких жучков. Эти личинки местами за короткое время уничтожили все листья ольхи, некоторые из деревьев начали усыхать. В долине рек Вашаруд, Пияканаруд и Улумчай на различных высотах от уровня моря было проведено исследование. Выяснилось, что наибольший ущерб был причинен древостоям, произрастающим выше 400 м над уровнем море. Расположенный ближе к реке железняково-ольховый лес с подлеском из иглицы гирканской (*Alneto-Parrotietum ruscusosum*) и распространенный в пойме реки ольховый осоковый лес (*Alnetum carexosum*) с подлеском из боярышника мелколистного (*Crataegus microphylla* С. Koch) также были очень сильно повреждены. Особенно высохли листья железного дерева и лапины.

## IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SOME SPECIES OF HIRKAN TYPE FORESTS OF AZERBAIJAN REPUBLIC

Safarov Hajiaga M.<sup>1</sup>, Ali-zada Valida M.<sup>2</sup>, Salimov Rashad A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lankaran Regional Scientific Center, Azerbaijan National Academy of Sciences, Lenkaran, Azerbaijan, *hajiaga\_safarov@yahoo.com*

<sup>2</sup>Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan, *vm\_alizade@yahoo.com, resad\_selimov@yahoo.com*

The climate change effects often can be observed on grassy vegetation. Sometimes these changes are expressed in the same way on woodlands. A unique Hyrcan forest is one of these types ecosystems, which is in the south-eastern part of Azerbaijan and occupies an area of over 138 000 hectares. The territory consists of two parts: the mountainous part (foothill, low and mid mountain belts) with a total of 91 hectares, and lowland (21.4 meters below sea level), which is the sample area of the remained Hyrcan type lowland forests. In the Hyrcan type forest, there are more than 1 200 species of vascular plants, of which about 100 species are endemic and relicts of the Tertiary period. Among these species, the ironwood (*Parrotia persica* (DC.)), chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.), Caucasian alder (*Alnus subcordata* C.A. Mey.), Caucasian wingnut (*Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth.), Lenkoran acacia or silk acacia (*Albizzia julibrissin* Durazz.), common fig (*Ficus hyrcana* A. Grossh.), Caspian box (*Buxus hyrcana* Pojark), Hirkan butcher's-broom (*Ruscus hyrcanus* Woronow), Alexandrian laurel (*Danae racemosa* (L.) Moench), and etc. have a corresponding role in forest communities. The climate of this territory is humid subtropical with arid summer. Annual precipitation is 1 300-1 400 mm, the average effective annual temperature is effective 2 200-2 500 °C. The number of days above 10 °C in a year is equal to 220-225. The amount of effective temperatures (above 0 °C) ranges from 4 400 to 4 500 °C.

One of the relict species is the most sensitive to climatic conditions is Caucasian alder – *Alnus subcordata* C.A. Mey. It is sunstroke plant or heliophyte, and edificator of forests along valleys of rivers. In the lower and middle mountain belt, they form a mixture woodland stands with wing nut (*Pterocarya*) or many woody species along the banks of rivers and streams on rich alluvial soils with flowing waters. The woodlands with *Alneto-Pterycaryetum vario-herbosum* community is associated with increased humidity (alder-hygrophyte). Tea prepared from the leaves of Caucasian alder is used in ethnobotanical traditional medicine as a medicament for the treatment of diabetes in the initial stage.

After a sharp drop in temperature at the end of May, in the mountains above 500 meters snow fell, and after several days sudden temperature increment caused a dense fog that contributed to the emergence of larvae of small bugs. Within that short space of time, these larvae ate up all the leaves of the alder and some of the trees began to dry out. The research was done in the valley of the rivers Vasharud, Piyakanarud, and Ulumchay at various altitudes from sea levels. As a result, it was found out that the most damage was recorded in a woodland stands higher than 400 m above sea level. Nearshore to the river, the ironwood-alder forest with the



understory of the Hirkan butcher's-broom (*Alneto-Parrotietum ruscusosum*), as well as in the floodplain of the river, the distributed alder-sedge forest (*Alnetum carexosum*) with the understory of the hawthorn (*Crataegus microphylla* C. Koch) were also suffered very hardly affected, especially, the leaves of the ironwoods and wing nuts were dried up.

## **ФИЛОГЕОГРАФИЯ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ХВОЙНЫХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ПО ДАННЫМ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК**

**Семериков В.Л.<sup>1</sup>, Семерикова С.А.<sup>1</sup>, Крутовский К.В.<sup>2,3,4,5</sup>**

<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,  
*semerikov@ipae.uran.ru*

<sup>2</sup>Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия,  
*konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de*

<sup>3</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>Научно-образовательный центр геномных исследований Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия

<sup>5</sup>Техасский АМ университет, Колледж Стейшн, Техас, США

Исследование демографической истории видов путем анализа пространственной структуры генетической изменчивости особенно эффективно при использовании маркеров, имеющих материнское наследование. Для хвойных таковыми являются маркеры митохондриальной ДНК. Однако недостаточная изменчивость митохондриальных фрагментов, амплифицируемых с помощью «универсальных» ПЦР-праймеров у лиственницы, сосны и пихты сибирской, потребовало разработки видоспецифичных маркеров. Для этого было использовано несколько подходов, и наиболее продуктивным оказалось ресеквенирование контиг митохондриального происхождения – продуктов полногеномного секвенирования – в панели деревьев разного географического происхождения. Исследование изменчивости митохондриальной ДНК в популяциях, расположенных по всему ареалу исследуемых видов с помощью новых маркеров выявило резко дифференцированные друг от друга, но генетически однородные географические группы популяций. Происхождение такой пространственной структуры объясняется послеледниковым распространением из нескольких источников – ледниковых рефугиумов. Для видов сибирского происхождения – лиственницы и пихты такие источники могли находиться на юге Сибири и на Урале, в то время как для сосны обыкновенной источниками реколонизации могли быть рефугиумы в Карпатах и на Урале. Как у пихты, так и у лиственницы популяции в северной части ареала слабо дифференцированы и, вероятно, являются продуктом расселения из ограниченного района, который, в случае лиственницы, вероятно, располагался в северных предгорьях Саян, а в случае пихты – в Прибайкалье. Значительно сниженное разнообразие гаплотипов сосны обыкновенной на Урале и в Сибири по сравнению с популяциями из западных частей ареала указывает на вторичный характер уральских рефугиумов сосны

и на её первоначальное появление в восточной части ареала в результате расселения с запада, в ходе которого произошла потеря генетического разнообразия благодаря дрейфу генов.

*Работа поддержана РФФИ (проект № 16-04-00607) и Комплексной Программой УрО РАН (проект № 15-12-4-29) и грантом № 14.Y26.31.0004 от Правительства Российской Федерации.*

## **PHYLOGEOGRAPHY OF MAIN CONIFERS OF NORTHERN EURASIA ACCORDING TO MITOCHONDRIAL DNA DATA**

**Semerikov V.L.<sup>1</sup>, Semerikova S.A.<sup>1</sup>, Krutovsky K.V.<sup>2,3,4,5</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
620144 Ekaterinburg, Russia, *semerikov@ipae.uran.ru*

<sup>2</sup>Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding,  
Georg-August University of Göttingen, Buesgenweg 2, 37077 Göttingen, Germany,  
*konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de*

<sup>3</sup>Laboratory of Population Genetics, N.I. Vavilov Institute of General Genetics,  
Russian Academy of Sciences, Moscow 119991, Russia

<sup>4</sup>Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center,  
Siberian Federal University, 660036 Krasnoyarsk, Russia

<sup>5</sup>Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, 2138 TAMU,  
College Station, TX 77843-2138, USA

Study of the demographic history of species by analyzing the spatial structure of genetic variation is particularly effective when using markers with maternal inheritance. For conifers such are the markers of mitochondrial DNA. Insufficient variation of the mitochondrial fragments amplified using the "universal" PCR primers in Siberian larch, Scots pine and Siberian fir required the development of species-specific markers. Several approaches have been used for this, and the most effective was the re-sequencing of the NGS contigs of mitochondrial origin – products of whole genome sequencing – in trees of different geographical origin. The study of the variation of mitochondrial DNA in populations located throughout the range of the species under study with the new markers revealed clearly differentiated, but genetically homogeneous geographical groups of populations. The origin of such spatial structure can be explained by postglacial re-colonization from several sources – glacial refugia. For species of Siberian origin – larch and fir, such sources could be located in the south of Siberia and the Urals, while for Scots pine, the sources of recolonization could be refugia in the Carpathians and the Urals. Both Siberian fir and larch in the northern parts of the range are weakly differentiated and probably are the products of settlement from a limited area, which, in case of Siberian larch, was probably located in the northern foothills of Sayan Mts., and in case of Siberian fir in the Baikal region. The significantly reduced diversity of haplotypes of Scots pine in the Urals and Siberia in comparison to populations from the western parts of the range, indicates the secondary nature of the Ural refugia of Scots pine and its initial appearance in the eastern part of the range as a result of migration from the west, during which genetic diversity was lost due to gene drift.

*The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 16-04-00607 and the Integrated Program of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, project No. 15-12-4-29 and a research grant No. 14.Y26.31.0004 from the Government of the Russian Federation.*

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ХЛОРОПЛАСТНОЙ ДНК *PINUS BRUTIA* НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ АРЕАЛА**

**Семерикова С.А.<sup>1</sup>, Семериков В.Л.<sup>1</sup>, Семериков Н.В.<sup>2</sup>, Филиппов Е.Г.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,  
*s.a.semerikova@ipae.uran.ru*

<sup>2</sup>Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, *semerikov2014@mail.ru*

Генетическая изменчивость в шести черноморских популяциях сосны калабрийской *P. brutia* Ten. была изучена с помощью трех полиморфных локусов Pt15169, Pt26081, Pt71936 (Vendramin et al., 1996). Выявлено семь гаплотипов. В отличие от произрастающих в тех же районах сосны обыкновенной *P. sylvestris* и сосны крымской *P. nigra*, а также от *P. brutia*, взятой из основной части ареала (Турция), причерноморские популяции *P. brutia* имеют низкие показатели генетического разнообразия ( $H_e$  варьирует от 0 до 0,637, в среднем 0,375) и выраженный уровень межпопуляционной дифференциации ( $R_{st} = 0,096$ ), что свидетельствует о низкой численности и частичной изоляции популяций *P. brutia* на протяжении длительного периода времени. Одновременно не выявлена изоляция расстоянием и нет географически обусловленной кластеризации популяций. Особенности дифференциации, а также уровень изменчивости исследованных популяций *P. brutia* обусловлены эффектом основателя и генетическим дрейфом. Крымские и кавказские популяции *P. brutia* не имеют различий на таксономическом уровне. В то же время генетический обмен между двумя изолированными местообитаниями *P. brutia* в Крыму, вероятно, отсутствует длительное время, на что указывает специфический состав гаплотипов данных выборок.

*Работа поддержана комплексной Программой УрО РАН № 15-12-4-29.*

## **VARIATION OF CHLOROPLAST MICROSATELLITE LOCI IN *PINUS BRUTIA* AT THE NORTHERN LIMIT OF THE RANGE**

**Semerikova S.A.<sup>1</sup>, Semerikov V.L.<sup>1</sup>, Semerikov N.V.<sup>2</sup>, Filippov E.G.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia, *s.a.semerikova@ipae.uran.ru*

<sup>2</sup>Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,  
*semerikov2014@mail.ru*

Genetic variability in six Black Sea populations of *P. brutia* Ten. was studied using three polymorphic loci Pt15169, Pt26081 and Pt71936 (Vendramin et al.,

1996). Seven haplotypes were identified. In contrast to the *P. sylvestris* and *P. nigra* occurring in the same areas, as well as *P. brutia* from the main part of the range (Turkey), Black Sea populations of *P. brutia* have low genetic diversity ( $H_e$  ranges from 0 to 0.637, an average of 0.375) and a pronounced level of inter-population differentiation ( $R_{st} = 0.096$ ), indicating a low size and partial isolation of *P. brutia* populations over a long period of time. At the same time, no isolation by distance was detected and there is no geographically determined genetic clustering of populations. The features of differentiation, as well as the level of variability of the studied populations of *P. brutia* are due to the founder effect and genetic drift. Crimean and Caucasian populations of *P. brutia* have no differences at the taxonomic level. At the same time, the genetic exchange between two isolated *P. brutia* habitats in the Crimea probably does not exist for a long time, as indicated by the specific composition of the haplotypes of these populations. The work is supported by the Program of Ural Branch of RAS, project No. 15-12-4-29.

## ПУТИ И МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Сиволапов А.И.<sup>1</sup>, Сиволапов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия, [Aleksey-Sivolapov@yandex.ru](mailto:Aleksey-Sivolapov@yandex.ru)

<sup>2</sup>Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Воронежской области», Воронеж, Россия

Центрально-Черноземный район (ЦЧР), включающий пять областей, представляет собой один из богатейших регионов России сельскохозяйственного и промышленного производства. Преобладающим направлением лесного хозяйства ЦЧР, наряду с рациональным неистощительным использованием древесных ресурсов, является оптимальное сочетание защитных, водоохраных, рекреационных, санитарно-гигиенических функций лесов. Леса ЦЧР составляют около 2% лесов России. Лесистость по областям с учетом защитных лесных полос колеблется от 10,1% в Курской области до 13,6% в Тамбовской области (в Белгородской – 11,9%; Воронежской – 11,7%; Липецкой – 10,3%).

Твердолиственные древесные породы (дуб) составляют почти половину лесов ЦЧР. Из хвойных встречается преимущественно сосна обыкновенная, она занимает 28,3% лесопокрытых площадей региона. Мягколиственные породы (осина, ольха, береза и др.) составляют 21,7%.

Сохранению подлежит генофонд всех видов-лесообразователей, произрастающих на территории Центрально-Черноземного региона, а также ценных акклиматизированных древесных растений. Сохранение генетических ресурсов аборигенных видов осуществляется независимо от современной оценки их состояния и полезности.

35 лет назад ЦНИИЛГиС разработал Положение о выделении и сохранении генофондов древесных пород, которое применяется до настоящего времени, но требует некоторых изменений и дополнений.

Применяют следующие методы сохранения генофондов древесных в ЦЧР:

1. Выделение и сохранение лесных генетических резерватов;
2. Сохранение отдельных насаждений и деревьев (эталонных, элитных, уникальных, плюсовых);
3. Создание коллекционных культур и архивов клонов;
4. Сохранение семян, пыльцевых зерен, меристем.

Примером выделения генетического резервата является выделенный в Хоперском государственном заповеднике сплошной массив ольхи черной, как генетический резерват площадью более 1 000 га.

Однако в малолесной зоне ЦЧР наибольшую эффективность получил второй и третий путь сохранения генофондов древесных, то есть сохранение отдельных деревьев и участков леса в виде плюсовых деревьев и насаждений. Подлежат охране коллекции уникальных деревьев и клоновых архивов, семенных плантаций и лесосеменных заказников. В ВНИИЛГИСбиотех более 10 лет практикуется сохранение уникальных форм и сортов *in vitro*. Начаты работы по ДНК-паспортизации и цитологической паспортизации отдельных биотипов древесных растений.

Таким образом, в ЦЧР преимущественно научными работниками проводится выделение объектов охраны генетических фондов. Для производителей (арендаторов) рекомендуется в обязательном порядке при лесоустройстве вносить объекты охраны в Лесной регламент определенного лесничества и планировать соответствующий режим ведения хозяйства на данном объекте.

В рабочих программах Воронежского государственного лесотехнического университета по дисциплине «Лесная селекция» прорабатываются вопросы выделения и сохранения генофондов древесных растений.

## **WAYS AND METHODS OF PRESERVATION OF GENE POOLS OF WOOD PLANTS IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF RUSSIA**

Sivolapov A.I.<sup>1</sup>, Sivolapov V.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia, [Aleksey-Sivolapov@yandex.ru](mailto:Aleksey-Sivolapov@yandex.ru)

<sup>2</sup>Branch of the Russian Center of Forest Protection – Center of Forest Protection of Voronezh region, Barnaul, Russia, [Vladimir-Sivolapov@yandex.ru](mailto:Vladimir-Sivolapov@yandex.ru)

The Central black earth district that includes five areas, represents one of the richest regions of Russia in agricultural and industrial production. The predominant direction of forestry CCHR, along with the rational sustainable use of wood resources is the optimum combination of protective, water protective, recreational, sanitary functions forest. CCHR forests account for about 2% of Russian forests. The forest cover on areas subject to protective forest strips varies from 10.1% in the Kursk region to 13.6% in the Tambov region (Belgorod to 11.9%; in the Voronezh 11.7%; Lipetsk 10.3%).

Hardwood tree species (oak) constitute almost half of the forests of the Central Chernozem zone. Softwood found mainly pine, it is 28.3% of the forested areas of the region. Soft-leaved species (aspen, alder, birch etc.) make up 21.7%.

Preservation is subject to the gene pool of the species lesobrazovaniya growing in the Central black earth region, as well as valuable acclimatized woody plants. Conservation of genetic resources of native species can occur regardless of the modern evaluate their condition and usefulness.

35 years ago, CNIILGiS has developed regulations on the allocation and preservation of gene pools of tree species, which applies to the present time, but it requires some changes and additions.

Apply the following methods of preservation of gene pools of wood in the CCHR:

1. The selection and preservation of the forest genetic reserves;
2. The preservation of certain forests and trees (standard, elite, unique, positive);
3. The creation of the collection of cultures and clone archives;
4. The preservation of seeds, pollen grains, meristems.

An example of the selection of genetic reserve is allocated in Khoperska state reserve solid array of black alder as a genetic reserve area of over 1 000 hectares.

However, in the sparsely wooded area CCHR greatest efficiency received the second and third a way to preserve gene pools of the wood, that is, the preservation of individual trees and forest patches in the form of plus trees and plantings. Protected collection of unique trees and clonal archives, seed orchards and seed reserves. In Vnerguesian more than 10 years practiced the preservation of unique forms and varieties in vitro. Work has begun on DNA-passportization and certification of cytological separate biotypes of woody plants.

Thus, the CCA primarily researchers is the allocation of objects of protection of genetic funds. For producers (tenants) recommended mandatory in forest management to make the objects of protection in the Forestry regulations of a particular forest area and plan appropriate mode of management at this facility.

In the programs of the Voronezh forest technical University on the subject "Forest tree breeding" working on the issues of allocation and conservation of gene pool of woody plants.

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОХРАНЕНИЯ,  
УСТОЙЧИВОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ**

Сидор А.И., Ковалевич А.И.,  
Луферова Н.С., Константинов А.В., Фомин Е.А., Мальцева Л.В.  
Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь,  
*pinselekt@gmail.com*

Современный этап социально-экономических преобразований определяет повышение качественного уровня лесохозяйственной деятельности путем

организации работ по учету, сохранению, воспроизводству и освоению ресурсов карельской березы как уникального представителя рода (*Betula L.*). Данный процесс затруднен практически полным отсутствием нормативной базы по учету древесины и проектированию лесоводственно-обоснованных объемов заготовки. Разработка методических рекомендаций по ведению хозяйства позволит установить порядок ведения хозяйства в насаждениях карельской березы естественного и искусственного происхождения, в том числе и с учетом положений нового лесного кодекса.

На сегодняшний день разработан ТКП «Учет древесины карельской березы», систематизирующий требования по учету карельской березы в лесных насаждениях и в заготовленном виде, позволяющий с максимальной выгодой реализовывать заготовленную узорчатую древесину, использовать лесосеменную базу и питомнические хозяйства, внедрять новые технологии получения селекционного посадочного материала, стимулировать работы по промышленному разведению.

Эффективное сохранение генофонда и ресурсов карельской березы обеспечивает выращивание селекционного посадочного материала семенного и вегетативного происхождения для рационального использования семенного фонда и восстановления популяции карельской березы, создания архивов клонов, коллекционных культур.

Получение стандартного посадочного материала карельской березы с гарантированными наследственными признаками обеспечивается внедрением современной технологии клонального микроразмножения на основе созданной коллекции культур тканей селекционных генотипов высокоузорчатых форм. Итогом реализации указанных мероприятий является развитие устойчивого воспроизводства карельской березы, качественное улучшение состояния ее генофонда, повышение продуктивности и биологической устойчивости искусственно создаваемых насаждений.

Все учтенные при инвентаризации насаждения карельской березы и насаждения с примесью карельской березы (включая плюсовой) в установленном порядке относятся к участкам с ограниченным режимом лесопользования. Назначение и выполнение необходимых лесохозяйственных мероприятий осуществляется в порядке, установленном «Правилами рубок леса в республике Беларусь».

Целью рубок ухода в насаждениях с участием карельской березы является создание оптимальных условий корневого питания, освещенности и благоприятной фитоценотипической обстановки для формирования у карельской березы полнодревесных стволов с высокотекстурной древесиной, а также для ее успешного плодоношения и естественного возобновления. Исходя из этого, а также учитывая зафиксированные таксационные показатели исследуемых насаждений, можно констатировать, что при проведении лесохозяйственных мероприятий необходимо вырубать другие древесные виды, входящие в состав (Б, Ос, Лп и др.) данных насаждений. Прогноз объемов заготовки древесины карельской березы (поврежденных, фаутовых, усохших и кустовидных форм деревьев) может осуществляться только на

основании данных отводов лесосек. Учитывая специфику выявления различных форм карельской березы для назначения рубок и отводов лесосек необходимо привлекать квалифицированных специалистов.

В результате предпринятых мер, запасы карельской березы в республике, несмотря на объективно обусловленную тенденцию к их снижению, можно будет контролировать.

## **ACTIONS FOR ENSURING PRESERVATION, STEADY REPRODUCTION AND USE OF THE CURLY BIRCH**

Sidor A.I., Kovalevich A.I.,

Luferova N.S., Konstantinov A.V., Fomin E.A., Maltseva L.V.

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus,

*pinselekt@gmail.com*

The present stage of social and economic transformations determines the increase in the qualitative level of forestry activity by organization of works on account, preservation, reproduction and development of resources of the curly birch as a unique representative of the species (*Betula L.*). This process is complicated by almost total absence of the regulatory base on accounting of wood and design of forest reasonable volumes of preparation. Development of methodical recommendations on management will allow establishing a management order in plantations of the curly birch of natural and artificial origin including taking into account provisions of the new forest code.

Today TCP "Accounting of Wood of the Curly Birch", which systematizes requirements for accounting of the curly birch in forest plantations and in the prepared state and allows realizing with the maximum benefit the prepared figured wood, using the forest seed base and nursery farms, introducing new technologies of receiving selection planting material, stimulating works on industrial cultivation, has been developed.

Effective preservation of the gene pool and resources of the curly birch provides cultivation of selection planting material of seed and vegetative origin for rational use of the seed fund and restoration of population of the curly birch, creation of archives of clones, collection cultures.

Obtaining the standard planting material of curly birch with guaranteed hereditary characteristics is ensured by the introduction of modern technology of micropropagation. A tissue cultures collection of breeding genotypes of highly-patterned forms of curly birch was created. The result of the implementation of these measures is the development of sustainable reproduction of curly birch and a qualitative improvement in the state of its gene pool. The productivity and biological stability of artificially created plantations will be increased.

All plantations of the curly birch and plantations with impurity of the curly birch (including the positive one), which were considered at inventory, belong to sites with the limited mode of forest exploitation in accordance with the established procedure. Appointment and performance of necessary forestry actions



are carried out in the order established by "Rules of felling of the forest in the Republic of Belarus".

The purpose of improvement felling in plantations with participation of the curly birch is creation of optimum conditions of root food, illumination and a favorable phytocenotypical situation for formation in the curly birch of full-wood trunks with high-textural wood as well as for its successful fructification and natural renewal. Proceeding from it and taking into account the recorded taxation indicators of the studied plantations, it is possible to note that when holding forestry actions it is necessary to cut down other wood types which are a part (Б, Ос, Лп, etc.) of these plantations. The forecast of the volumes of preparation of wood of the curly birch (damaged, defective, dried out and of bush forms) can be carried out only on the basis of the withdrawal of cutting areas. Taking into account the specifics of identification of various forms of the curly birch in order to hold fellings and withdrawal of cutting areas it is necessary to involve qualified specialists.

As a result of the taken measures, stocks of the curly birch in the republic, despite the objectively caused tendency to their decrease, can be controlled.

## **СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕННОГО ГЕНОФОНДА ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В АРХИВАХ КЛОНОВ**

Сидор А.И., Попкова Л.Л., Ревяко И.Д., Фомин Е.А.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, *forinstnanb@gmail.com*

Успешное решение проблем повышения продуктивности лесов нашей страны тесным образом связано с генетикой и селекцией лесных древесных пород, основная цель которых состоит в выведении новых и улучшении старых сортов растений и изучении их наследственных свойств.

Одной из основных задач элитного семеноводства является изучение изменчивости и закономерностей наследования хозяйственно-ценных признаков в потомстве плюсовых деревьев и выделение кандидатов в элиту.

Объектами для проведения селекционно-генетической оценки клонов плюсовых деревьев ели европейской являлись архивные лесосеменные плантации, заложенные в лесном квартале 18 Псуевского лесничества ГЛХУ «Двинская экспериментальная лесная база Института леса НАН Беларуси» 1982, 1984, 1986 годов создания.

В результате исследования установлено, что вегетативное потомство плюсовых деревьев ели на архивных плантациях характеризуется средним диаметром 26,0 см, средней высотой – 14,5 м. На плантациях объем ствола равен: 1986 г. – 0,31 м<sup>3</sup>, 1984 г. – 0,33 м<sup>3</sup> и 1982 г. – 0,52 м<sup>3</sup>. Сохранность потомства плюсовых деревьев на плантации 1984 года самая высокая – 91% и выше, 1982 г. – до 72%, а самая низкая на плантации 1986 г. (34%), что обусловлено не генетическими особенностями клонов, а месторасположением растений. На всех плантациях встречаются клоны плюсовых деревьев, имеющие сохранность 100%.

По результатам селекционно-генетической оценки семенного потомства выделены кандидатами в элиту 23 плюсовых дерева ели европейской. Данные плюсовые деревья ели европейской рекомендуется использовать для комплектации клонов на лесосеменных плантациях второго порядка.

Генетическая оценка ели европейской проводилась с применением молекулярно-генетических методов. В ходе проведения анализа аллельного разнообразия, было выявлено, что в исследованных образцах два «редких» для вида в целом аллельных варианта (варианты генов, частота которых составляет не более 1%).

Наиболее гетерозиготным оказался клон 29/102 (около 27% генов находятся в полиморфном состоянии), а наименее – клоны 38/224 и 66/304 (11% локусов являются полиморфными). Некоторые клоны содержат редкие для вида ели европейской в целом аллели: клон 87/267 по Fe – аллель 0.70; клон 23/79 по Lar-1 – аллель 0.97.

Достаточно большой интерес представляют клоны 87/267, 38/224, 66/304 и 66/301, поскольку являются носителями гомозиготного варианта аллеля 1.10 по локусу Lar-2, частота которого для вида в целом составляет всего 2,3%.

Проведена генетическая паспортизация плюсовых деревьев по 18 изоферментным локусам, получены генетические паспорта для 14 клонов плюсовых деревьев ели европейской.

## **ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ И ОЗЕЛЕНЕНИЯ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ**

Суяндиков Ж.О.<sup>1</sup>, Ражанов М.Р.<sup>1</sup>, Рахимжанов А.Н.<sup>1</sup>,

Залесов С.В.<sup>2</sup>, Данчева А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>РГП «Жасыл Аймак», Астана, Республика Казахстан,  
*alimgan.rakhimjanov@mail.ru*

<sup>2</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия,  
*zalesov@usfeu.ru*

<sup>3</sup>Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, Республика Казахстан, *granas08@mail.ru*

Лесоразведение и озеленение на территории Северного Казахстана связано со значительными трудностями, поскольку жесткие климатические условия сочетаются здесь со значительной долей нелесопригодных почв. Последнее обуславливает необходимость поиска интродуцентов, способных произрастать и формировать устойчивые насаждения в условиях подзоны сухой типчаково-ковыльной степи.

Работа выполнена в целях изучения возможности расширения ассортимента древесно-кустарниковых видов в арборетуме лесного питомника «Ак Кайын» Республиканского государственного предприятия «Жасыл Аймак». Для оценки перспективности используется методика Главного ботанического сада (Куприянов, 1976).

В результате исследований из 132 таксонов установлены 23 самых перспективных таксона:

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), Лиственница даурская (Гмелина) (*Larix Gmelinii* Rupr.), Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), включая формы пирамидальная (*P. sylvestris* f. *fastigiata* L.) и шаровидная (*P. sylvestris* «*Globosa viridis*» L.), Можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), Береза повислая (*Betula pendula* Roth.), Тополь белый (*Populus alba* L.), Ива древовидная (козья) (*Salix caprea* L.), Вяз мелколистный (приземистый) (*Ulmus pumila* L.), Вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), Яблоня сибирская (Палласа) (*Malus Pallasiana* Juz.), Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) (2 таксона), Боярышник Арнольда (*Crataegus Arnoldii*), Черемуха обыкновенная (птичья) (*Padus avium* Mill.) (2 таксона), Акация желтая (карагана древовидная) (*Caragana arborescens* Lam.), Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), Жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), Лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schlecht.), Селитрянга Шобера (*Nitraria Scoberi* L.).

Кроме того, 29 таксонов относят к перспективным:

Ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) (два таксона), Ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), Тополь дрожащий (осина) (*Populus tremula* L.), Липа мелколистная (сердцевидная) (*Tilia cordata* Mill.), Яблоня лесная (*Malus sylvestris* (L.) Mill.), Груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim.), Груша обыкновенная (форма культурная) (*Pyrus communis* L.), Черемуха Маака (*Padus maackii* (Rupr.) Kom.), Черемуха виргинская (*Padus virginiana* (L.) Mill.), Миндаль низкий (бобовник) (*Amygdalus nana* L.) (таксоны из г. Петропавловска и г. Кокшетау), Вишня обыкновенная (садовая) (*Cerasus vulgaris* Mill.), Боярышник зеленомясный (*Crataegus chlorosarca* Maxim.), Облепиха крушинолистная (*Hippophae rhamnoides* L.), Ясень зеленый (ланцетный) (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), Крыжовник обыкновенный (*Grossularia uva-crispa* (L.) (*Ribes uva-crispa* L.)), Роза морщинистая (ругоза) (*Rosa rugosa* Thunb.), Роза коричная (майская) (*Rosa majalis* Herrm.), Шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.), Шиповник мелколистный (*Rosa pimpinellifolia* L.), Смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh.), Смородина черная (*Ribes nigrum* L.), Ежевика обыкновенная, малина сизая (*Rubus vulgaris* Weihe and Nees), Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), Малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), Тамариск изящный (*Tamarix gracilis* Willd.), Шефердия серебристая (*Shepherdia argentea* (Pursh.)).

**DIMINISHING PRODUCTION FROM FORESTS:  
SUSTAINABILITY BEYOND FUNCTIONALITY – A STUDY OF  
PAST 25 YEARS IN CENTRAL INDIAN STATE MADHYA PRADESH**

Ajit Kumar Shrivastava

Chief Conservator of Forests, Madhya Pradesh, India,

[ajitshri@gmail.com](mailto:ajitshri@gmail.com)

The Central Indian state of Madhya Pradesh with geographical area of 308 245 km<sup>2</sup> and forest area 94 689 km<sup>2</sup> (30.71%) having the largest forest area in the country. The forest management is based on sustainability and yield from forest

is regulated by selective felling. Other than timber production the non timber forest products are major activity along with multiple uses of them.

Since 1992, Rio summit for sustainability till 2016 the timber production has reduced from 398 457 m<sup>3</sup> to 205 609 m<sup>3</sup> in 25 years. Dwindling forest wealth is attributed to many factors such as over population, over exploitation, over grazing, illegal encroachments, unsustainable practices and forest fires.

During this period the state had many management and legislative changes like, World Bank added project, Joint Forest Management, Lok Vaniki, Forest Rights Act, Green India Mission and revised Land Revenue Code.

The study reveals that although the production has shown a down trend, the management of forests has continuously changed towards participatory and decentralized decision making.

Still there is insufficient economic promotion of forest goods and services. Additional resources are required for environmental education, awareness and women participation along with understanding of indigenous knowledge among forestry professionals, politicians, academicians, bureaucrats and other natural resource managers.

*Key words:* Dwindling forest, Timber, Joint Forest Management, Non Timber Forest Products.

## **ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ: КОМПЛЕКСНОСТЬ И ЭТАПНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

**Памяти Н.В. Глотова, Л.Ф. Семерикова, А.И. Видякина**

**Тараканов В.В.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Западно-Сибирское отделение Института леса им. В.Н. Сукачева – филиал  
ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия  
*tarh012@mail.ru*

В изучении популяционной структуры древесных растений можно выделить несколько исторических периодов, соответствующих маркерам различного уровня реализации генетической информации в системе «ген-белок-признак».

Первый период соответствует анализу изменчивости на уровне фенотипов. Изучение потомств отдельных деревьев и популяций в выровненных экологических условиях выявило существенную генетическую неоднородность древесных растений на внутри- и меж-популяционном уровнях (Clausen, 1958; Ромедер, Шенбах, 1962; Ирошников, 1977; Селекция лесных пород, 1983).

Второй период характеризуется формированием учения о популяции как естественно-исторической структуре (Тимофеев-Ресовский и др., 1973; Глотов, 1976). Развивается принцип анализа изменчивости признаков в соответствии с естественным районированием территории и эколого-географической подразделённостью ареала вида. Такой подход, в сочетании с

разложением изменчивости количественных признаков на эколого-генетические компоненты и анализом частот фенотипов в популяциях, позволил получить количественные данные об иерархической структуре внутривидовой изменчивости и объёме популяций (Глотов, 1983 и др.; Семериков, 1986; Видякин, 2006).

Третий период соответствует анализу внутривидовой изменчивости на уровне первичных генных продуктов – ферментов. Применение аллозимных маркеров позволило характеризовать популяции по таким популяционно-генетическим параметрам, как доля полиморфных локусов, гетерозиготность, уровень межпопуляционной дифференциации и др. (Гончаренко и др., 1989; Политов и др., 1992; Санников, Петрова, 1993).

Четвёртый (современный) период соответствует анализу генетической изменчивости популяций на уровне ДНК. Применение ДНК-маркеров выводит изучение популяций на качественно новый уровень с новыми возможностями: (1) наиболее полно характеризовать особенности генетической структуры популяций; (2) оценивать относительное влияние различных факторов эволюции на генофонд популяций и вида в целом; (3) находить «предковые» популяции; (4) изучать роль экспрессии генов; и др. (Крутовский, 2006; 2014).

В настоящее время наблюдается тенденция к изучению генетической гетерогенности популяций древесных почти исключительно по ДНК-маркерам. Такой односторонний подход обедняет реальную картину популяционно-генетической структуры видов и по ряду причин вряд ли может быть полноценно реализован в масштабе лесов России. Во-первых, генетический потенциал особей реализуется на уровне фенотипов, в связи с чем фенотипическая изменчивость популяций всегда должна быть в фокусе внимания (Левонтин, 1978). Во-вторых, предсказать изменчивость белков и фенотипов, исходя из знаний об изменчивости ДНК, не представляется возможным в силу воздействия на генные продукты факторов среды и закона эмерджентности (Драгавцев, 2017). В-третьих, анализ генетической гетерогенности популяций на уровне белков и ДНК требует значительно больших финансовых затрат, чем на уровне фенотипов.

Из этого следует вывод о необходимости комплексности и этапности исследования популяций, что предвидели Н.В. Глотов (1982; 1983) и его ближайший соратник Л.Ф. Семериков (1986). Рациональность такого подхода доказывается на примере изучения популяционно-генетической структуры сосны обыкновенной (Видякин и др., 2014; 2015; Тараканов, Кальченко, 2015; Зацепина и др., 2016).

**EVALUATION OF GENETIC HETEROGENEITY OF POPULATIONS:  
INTEGRATED APPROACH AND SEQUENCE OF RESEARCH STAGES**  
**In memory of Nikolay V. Glotov, Leonid F. Semerikov and Anatoly I. Vidyakin**  
Tarakanov V.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>West-Siberian Branch of V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences – Branch of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS",  
Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsky State Agricultural University, Novosibirsk, Russia  
*tarh012@mail.ru*

In study of woody plants population structure is possible to allocate few historical periods, corresponding to markers of various levels of realization of genetic information in "gene – protein – phenotypic trait" system.

The first period correspond to analysis of variability on phenotypes level. Study of posterities of separate trees and populations in similar ecological conditions revealed significant genetic heterogeneity of wood plants on within- and on between-population levels (Clausen, 1958; Rohmeder, Schönbach, 1962; Iroshnikov, 1977; Breeding of forest plants, 1983).

The second period characterizing by formation of population doctrine as a natural-historical structure (Timofeev-Resovsky et al., 1973; Glotov, 1976). The principle of the traits variability analysis, in relation to natural zoning of territory and ecological-geographical differentiation of the range of species is developing. Such approach, in combination with decomposition of variability of quantitative traits on ecological-genetic components, and analysis of phen frequencies in populations allowed to obtain quantitative data of hierarchical structure of intraspecific variability and framework of populations (Glotov, 1983; and other; Semerikov, 1986; Vidyakin, 2006).

The third period meets the analysis of intraspecific variability on primary gene products level – the enzymes. Using of allozyme markers allowed to characterize populations by thus population-genetic parameters, as a share of polymorphic loci, heterozygosity, differentiation on between-population level, and etc. (Goncharenko et al., 1989; Politov et al., 1992; Sannikov, Petrova, 1993).

The fourth (modern) period matches the analysis of genetic variability of populations on DNA level. Application of DNA-markers deduces the study of populations on qualitatively new level with new opportunities: 1) most fully characterize the specific of genetic structure of populations; 2) evaluate relative influence of various factors of evolution on gene fund of populations and species in general; 3) look for "ancestor" populations; 4) study a role of gene expression; etc. (Krutovsky, 2006; 2014).

There is a tendency to study presently the genetic heterogeneity of the forest plant populations almost exclusively by DNA-markers. Such one-way approach impoverishes a real picture of population-genetic structure of species and for some reasons cannot be fully realized in scale of the Russia' forest. First, the genetic potential of trees is realized on phenotypes level, so, the phenotype variability of populations always should be in a focus (Lewontin, 1978). Secondly, to predict

proteins and phenotypes variability is not possible because of environment and the "emergent effect" on gene products influence (Dragavtsev, 2017). Thirdly, the analysis of genetic heterogeneity of populations on proteins and DNA levels requires much greater financial expenses, than on phenotypes level.

Our main conclusion is necessity of complexity and step-by-step study of populations, what has been Nikolai V. Glotov (1982, 1983) and his nearest colleague Leonid F. Semerikov (1986) anticipated. Rationality of such approach was proved on examples of complex study of genetic structure of *Pinus sylvestris* in Russia (Vidyakin et al., 2014; 2015; Tarakanov, Kal'chenko, 2015; Zatsepina et al., 2016).

## **CONSERVING FOREST GENETIC RESOURCES OF ENDANGERED AND THREATENED SPECIES OF INDIAN HIMALAYAN REGION THROUGH SEED BANKING**

Manisha Thapliyal<sup>1</sup>, Pravin Rawat, Amit Simalti

Forest Tree Seed Laboratory, Silviculture and Forest Management Division,  
Forest Research Institute, Dehradun 248 006, India

<sup>1</sup>*manishathapliyal98@gmail.com*

The Indian Himalayan Region (IHR) is a rich depository of biodiversity that supports nearly 50% of the total flowering plants in India of which 30% flora is endemic to the region. There are over 816 tree species, 675 edibles and nearly 1 743 species of medicinal value found in the IHR. These resources not only provide food, fodder and medicine but also are a source of energy, environmental protection and other supports for the livelihood of Himalayan communities. The forest genetic resources of the IHR are in imminent danger because of adverse abiotic and biotic stresses due to climate vulnerability of the region. Conservation and management of forest genetic resources is essential for sustainable development and adaptation to the changing climate. For FGRs, ex situ conservation has generally referred to storage as seeds, usually under conditions of low moisture content and low temperature. Before starting out on a comprehensive programme for conservation of FGRs, data and information on many aspects need to be gathered like the genetic diversity of priority forestry species; population dynamics, reproductive biology and fruit/seed production; irregularity in flowering and fruiting schedules; variability in seed production among species; determining the seed storage behaviour of a species; devising appropriate methods of conservation for species producing intermediate and recalcitrant seeds, etc. Under a programme on the conservation of FGRs of the Himalayan state of Uttarakhand, ex situ conservation of valuable germplasm of endangered and threatened forestry species is being done through developing protocols for seed storage. The populations of species belonging to genera like *Aristolochia*, *Berberis*, *Buxus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Ulmus*, etc. have been identified, fruits/seeds collected upon maturity, seed quality evaluated, and seed storage physiology studied to test their sensitivity/tolerance to desiccation and chilling. The seeds of such threatened species would be conserved in seed bank for posterity. The

paper discusses the entire programme and the approaches to successfully conserve the valuable forest genetic resources through seed banking.

*Key words:* conservation, endangered species, FGRs, Indian Himalayan Region, seed bank.

## **ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЕЛИ ПОСЛЕ 9 ЛЕТ ХРАНЕНИЯ**

Теплых А.А.

Филиал ФБУ «Российский центр защиты леса» –  
«Центр защиты леса Республики Марий Эл», Йошкар-Ола, Россия,  
*TepluhAA@mail.ru*

Хранение семян лесных растений связано в первую очередь с их периодичностью семеношения. Так, в Республике Марий Эл низкое семеношение ели может быть до 4 лет подряд. В связи с этим заготовку семян ели проводят из расчета на несколько лет вперед.

В статье приведен анализ изменения всхожести 14 партий семян ели (урожая 2007 года) при длительном хранении в течение 9 лет. Семена хранятся в помещении без оборудования, контролирующего температуру воздуха, в стеклянных бутылках. Определение всхожести семян проводилось на аппарате для проращивания семян лесных растений, всхожесть семян учитывали на 7, 10 и 15 дни проращивания. Влажность разных партий семян изменялась от 4,4 до 7,4%.

Средняя всхожесть свежесобранных семян составила: на 7 день – 55,5%, на 10 день – 85% и на 15 день – 90,4%. Средняя всхожесть после 9 лет хранения составила: на 7 день – 18,3%, на 10 день – 51,2% и на 15 день – 63,7%. У свежесобранных семян наибольший показатель всхожести наблюдается в период до 7 дня проращивания (55%), меньше в период с 7 по 10 день проращивания (30%) и наименьшая всхожесть с 10 по 15 дни (5,4%). После длительно хранения максимальные показатели всхожести смещаются на период 7-10 дни проращивания (32,8%), а периоды до 7 дней (18,3%) и 10-15 дни (12,5%) различаются незначительно.

Распределение свежесобранных семян: 1 класс – 51%, второй – 49%; после 9 лет хранения: 1 класс – 7,7%, второй – 14,3%, третий – 68,1% и некондиционные по всхожести – 9,9%. Всхожесть партии с лучшими показателями составила на 7 день проращивания 33%, на 10 день – 76% и на 15 – 87%. Всхожесть семян с наихудшими показателями составила на 7 день проращивания 4%, на 10 день – 4% и на 15 – 11%.

Высокие показатели всхожести свежесобранных семян не гарантируют такие же высокие показатели при длительном хранении. У двух партий семян, всхожесть у свежесобранных которых составляла 96% и 95%, после 9 лет хранения составила 16% и 29%.

Таким образом, снижение всхожести семян при длительном хранении у различных партий семян происходит по-разному. Высокие показатели всхожести свежесобранных семян не всегда сохраняются при длительном хранении.



## **THE FERTILITY GERMINATION OF SEEDS AFTER 9 YEARS OF STORAGE**

Teplykh A.A.

Branch of the Russian Center of Forest Protection – Center of Forest Protection of  
Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, Russia,  
*TeplyhAA@mail.ru*

Storage of seeds of forest plants is primarily due to their frequency of seeding. So, in the Republic of Mari El, low spruce seeding can be up to 4 years in a row. In this regard, the harvesting of spruce seeds is carried out for a few years in advance. The article analyzes the change in germination capacity of 14 lots of spruce seeds (2007 harvest) with long-term storage for 9 years. Seeds are stored indoors without equipment that controls the temperature of the air in the glass bottles. Determination of seed germination was carried out on the apparatus for germination of seeds of forest plants, seed germination was taken into account on the 7th, 10th and 15th days of germination. Humidity of different batches of seeds varied from 4.4 to 7.4%.

The average germination of freshly harvested seeds was: on day 7 – 55.5%, on day 10 – 85% and on day 15 – 90.4%. The average germination after 9 years of storage was: on day 7 – 18.3%, on day 10 – 51.2% and on day 15 – 63.7%. In freshly harvested seeds, the highest germination index is observed in the period up to the 7th day of germination (55%), less during the period from 7 to 10 days of germination (30%) and the lowest germination from 10 to 15 days (5.4%). After a long period of storage, the maximum germination values are shifted for a period of 7-10 days germination (32.8%), and periods up to 7 days (18.3%) and 10-15 days (12.5%) differ slightly.

Distribution of freshly picked seeds: 1 class – 51%, second – 49%; After 9 years of storage: 1st class – 7.7%, second – 14.3%, third – 68.1% and substandard for germination – 9.9%. The germination of the party with the best indicators was 33% on the 7th day of germination, by 76% on the 10th day and by 87% by 15%. Germination of seeds with the worst indicators was 7 days germination 4%, on day 10 – 4% and 15 – 11%. High rates of germinating freshly harvested seeds do not guarantee the same high values for long-term storage. In two batches of seeds, the freshness of freshly harvested was 96% and 95%, after 9 years of storage it was 16% and 29%.

Thus, the decrease in seed germination in long-term storage for different batches of seeds occurs in different ways. High rates of germinating freshly harvested seeds are not always preserved with long-term storage.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ХВОИ ДЕРЕВЬЕВ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Тихонова Н.А., Тихонова И.В., Анискина А.А., Семенякин Д.А.  
Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия,  
*selection@ksc.krasn.ru*

Как известно, селекционер имеет дело с большими выборками. Поэтому для изучения разнообразия внутри природных популяций древесных растений желательное использование новых методов экспресс-оценки устойчивости деревьев к экстремальным факторам среды, чтобы избежать длительного хранения образцов и понизить связанные с этим ошибки эксперимента. В данной работе сделана попытка применения физико-химических методов исследования, таких как термогравиметрический анализ (ТГМ) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), в определении морозостойкости и жаростойкости живой хвои при быстром охлаждении или нагревании. Они используются для изучения неживых объектов (минералов, металлов и др.), а также древесины и почек у разных видов древесных растений, в основном, плодовых (с длительным циклом измерения одного образца).

Исследования проводили на 2-летней хвое *Pinus sylvestris* L., собранной в нижней части кроны в начале-середине сентября 2015 г. в дендрарии ИЛ СО РАН в г. Красноярске. Для сравнения были собраны образцы хвои в южной популяции вида (в Приобском бору Алтайского края) и в северных популяциях (в окр. Якутска и Туруханска), а также с других видов хвойных в дендрарии. Все измерения выполняли на приборах DSC 204 F1 «NETZSCH» и TG 209 F1 «NETZSCH». Образцы подвергали постепенному охлаждению со скоростью  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{мин}^{-1}$  от  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а затем – нагреванию до  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для определения жаростойкости образцы нагревали с той же скоростью до  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Всего проанализировано 200 образцов, в том числе 80 образцов замораживались, 120 нагревались.

Было установлено, что хвойные виды характеризуются высокой внутривидовой изменчивостью калориметрических кривых по их форме, по числу пиков и по температурам, отражающим различия в анатомическом строении хвои, в составе и количестве соединений – криопротекторов, понижающих температуру замерзания жидкости в образцах. Полученные экзотермы свидетельствуют о непрерывной быстрой кристаллизации воды в 2-3 разных тканях хвои. Первый пик предположительно связан с кристаллизацией воды в клетках и межклетниках проводящего пучка, второй – с кристаллизацией воды внутри клеток паренхимы. Из двух основных пиков (по скорости выделения тепла на единицу сырой массы образца) у сосны обыкновенной чаще второй пик преобладает над первым, у сосны сибирской и ели сибирской чаще преобладал первый пик. Отмечена более высокая морозостойкость хвои ели сибирской и сосны обыкновенной из Якутии. При

нагревании существенные различия выявлены по температурам начала, пика и окончания испарения воды, указывающие на разницу в количестве связанной воды, составе и концентрации соединений, понижающих испарение влаги. Различия между образцами по температурам экзотермических кривых при охлаждении образцов составили 7-21 °С, при нагревании – 19,7-42,0 °С (с поправкой на различия в содержании воды – 11,8-27,1 °С). Минимальные различия наблюдались по температуре первого пика кристаллизации воды (6,7 °С). Проведенные исследования подтвердили возможность использования методов ДСК и ТГМ с быстрой скоростью охлаждения / нагревания для оценки морозостойкости, жаростойкости и засухоустойчивости деревьев, что позволяет увеличить объем выборки деревьев до 2-4 и более образцов в день, сократить расходы жидкого азота до 5-6 л на 1 образец.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и ККФПиНТД, грант № 15-44-04008-р\_сибирь\_a.*

## **APPLICATION OF METHODS OF THERMOGRAVIMETRY AND DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY IN ESTIMATION OF THE TREES STABILITY TO EXTREME TEMPERATURES**

Tikhonova N.A., Tikhonova I.V., Aniskina A.A., Semenyakin D.A.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia,  
*selection@ksc.krasn.ru*

As is known, the breeder is dealing with large samples. To study the diversity of trees within the natural populations and to avoid long-term storage of samples and to reduce the associated experimental errors it is desirable to use new methods of rapid assessment of the resistance of woody plants to extreme environmental factors. In this paper, an attempt has been made to apply physical-chemical methods of investigation, such as thermogravimetric analysis (TGM) and differential scanning calorimetry (DSC), to determine the frost resistance and heat resistance of live needles during rapid cooling or heating. This methods are used in the study of non-living objects (minerals, metals, etc.), as well as wood and buds in different species of woody plants (with a long cycle of measurement of a single sample).

The studies were carried out on a 2-year-old needle of *Pinus sylvestris* L. collected in the lower part of the crown in the middle of September of 2016 in the arboretum of V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS in Krasnoyarsk. For comparison, needle samples were collected in the southern population of the species (in Altaysky kray) and in northern populations (in area of Yakutsk and Turukhansk), as well as from other conifer species in the arboretum. All measurements were performed on a DSC 204 F1 "NETZSCH" and TG 209 F1 «NETZSCH» devices. Samples were gradually cooled with the rate of 10 °С \* min<sup>-1</sup> from +10 °С to -80 °С, and then it be heating up to +30 °С. The temperatures of the beginning, peak and end of the crystallization of water in the needles, the amount of evolved / absorbed heat, the glass transition temperature, the change in the heat capacity, the

beginning and the end of the melting of the ice were determined on the obtained graphs. To determine the heat resistance, the samples were heated at the same rate to +150 °C. The total of 200 samples were analyzed, including 80 samples were subjected to cooling and 120 samples were heated.

It was found the coniferous species are characterized by high intraspecific variability of calorimetric curves in their shape, in the number of peaks and temperatures, reflecting differences in the anatomy of needles, in the composition and number of compounds – cryoprotectants, which lower the freezing point of the liquid in the samples. The obtained exotherms testify to the continuous rapid crystallization of water in 2-3 different tissues of the needles. The first peak is supposedly associated with the crystallization of water in the cells and intercellular spaces of the conducting beam, the second peak is associated with the crystallization of water inside the parenchyma cells. Of the two main peaks, which reflects the rate of heat loss per unit of the sample wet mass, the second peak in Scots pine usually prevails over the first. In the Siberian pine and Siberian spruce the first peak predominated. A higher frost resistance of needles of Siberian spruce and Scots pine from Yakutia was noted. For the heating of needles the significant differences were found in the temperature of the beginning, the peak and the end of the evaporation of water, indicating the difference in the amount of bound water, the composition and concentration of substances which reduce the evaporation of moisture. The differences between the samples on the temperatures of the exothermic curves during the freezing were 7-21 °C, and during the heating it were 19.7-42.0 °C (adjusted for differences in water content – 11.8-27.1 °C). Minimal differences were observed on the temperature of the first peak of crystallization of water (6.7 °C). The conducted studies confirmed the possibility of using DSC and TGM with fast cooling rate to assess the resistance of trees to frost, heat and drought, what allows increasing the sample size of trees to 2-4 samples per day, reducing the costs of liquid nitrogen to 5-6 liters per sample.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ *IN SITU* В УКРАИНЕ**

Ткач В.П., Лось С.А.

Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации  
им. Г.Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА), Харьков, Украина,  
*tkach@uriffm.org.ua, svitlana\_los@ukr.net*

Лесные генетические ресурсы (ЛГР) являются важной составляющей приближенного к природе лесопользования, концепция которого реализуется в Украине с 2010 года. Воспроизводство популяций автохтонных видов естественным путем составляет его основу. Генетическое разнообразие позволяет местным видам выжить, адаптироваться и эволюционировать в условиях изменения климата.

Работы по сохранению лесных генетических ресурсов *in situ* проводятся в Украине с 60-х годов прошлого столетия. Тогда, под руководством

С.С. Пятницкого был проведен массовый отбор плюсовых деревьев и насаждений, а в начале 80-х годов, под руководством П.И. Молоткова, – генетических резерватов. Большинство объектов сохранения генофонда *in situ*, которые внесены в современный Государственный реестр, были отобраны именно в этот период.

Позже, определенная часть объектов потеряла свой статус, и были отобраны новые. Сейчас в Государственный реестр Украины внесены 611 участков генетических резерватов 30 видов древесных пород, общей площадью около 24 тыс. га и 141 плюсовое насаждение 11 видов, общей площадью более 2 тыс. га. Из них после 2010 г. отобрано около 100 га новых плюсовых насаждений 5 видов. Из 4,5 тыс. плюсовых деревьев 29 видов, которые находятся на учете, 1 тыс. была отобрана в 2010-2015 гг. в процессе реализации «Программы развития лесосеменного дела» (Los, Tereshchenko, Gayda, 2013; Ткач, Лось и др. 2013; Лось, Терещенко, Шлончак, 2015).

Результаты инвентаризации, проведенной в 2000-2005 гг., показали, что 5-15% генетических резерватов разных видов не соответствуют предъявляемым к ним критериям. Отмечена тенденция к ухудшению состояния объектов сохранения генофонда *in situ* (Volosyanchuk, Los, Yatsyk, 2003; Гайда, 2012). С другой стороны, отбор новых объектов часто проблематичен из-за значительного сокращения площадей лесов естественного происхождения.

На данный момент принята «Концепция сохранения и устойчивого использования лесных генетических ресурсов в Украине» (Гайда, Яцик, Парпан, 2011), в процессе утверждения новая редакция «Наставлений по лесному семеноводству» (Лось, Терещенко, Гайда, 2014). Эти документы определяют стратегические цели и задачи, методологические, методические, организационные принципы и приемы деятельности по сохранению генетической изменчивости лесной арборифлоры и являются основанием для разработки новых и совершенствования действующих нормативно-правовых актов, регулирующих различные стороны сохранения биоразнообразия в лесах.

Основными проблемами в первую очередь является значительный возраст объектов сохранения генофонда *in situ* и их недостаточная представленность на объектах *ex situ*, а также недостаточный уровень общественного интереса к ним. Фрагментарность проводимых исследований связана с низким уровнем их финансирования и отсутствием специальных государственных программ.

В современных условиях существует острая необходимость разработки и реализации стратегий сохранения ЛГР в соответствии с современными подходами. Важным является проведение систематических исследований объектов ЛГР с интервалом в 10 лет, с применением комплекса современных методов молекулярной генетики, физиологии, биохимии, биофизики. Это позволит получать объективную информацию о состоянии ЛГР и динамике их изменения и на этой основе разрабатывать научно-обоснованные мероприятия по их сохранению и восстановлению.

## ACTUAL PROBLEMS OF FOREST GENE RESOURCES CONSERVATION *IN SITU* IN UKRAINE

Tkach V.P., Los S.A.

G.M. Vysotskiy Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration,  
Kharkiv, Ukraine,

*tkach@uriffm.org.ua, svitlana\_los@ukr.net*

Forest genetic resources (FGR) are an important component of close-to-nature forest management, the concept of which has been implementing in Ukraine since 2010. Reproduction of populations of autochthonous species naturally forms its basis. The genetic diversity enables native species to survive, adapt and evolve under climatic changes conditions.

Works on the conservation of forest gene resources *in situ* have been carrying out in Ukraine since 1960s of the last century. Then, under the leadership of S.S. Pyatnitsky was realized a mass selection of plus trees and stands, and in the early 1980s, under the leadership of P.I. Molotkov – gene reserves. The majority of units of gene conservation *in situ*, that were included in the actual State Register were chosen at this period.

Later, a certain part of the objects lost their status and new ones were selected. Now 611 gene reserve plots of 30 tree species on total area about 24 thousand hectares and 141 plus stands of 11 species on total area more than 2 thousand hectares are included in the State Register of Ukraine. About 100 hectares of new plus stands of 5 species among them have been selected after 2010. Among of 4.5 thousand plus trees of 29 species that are registered, 1 thousand were selected in 2010-2015 in the process of implementing the "Forest Seed Grooving Development Program" (Los, Tereshchenko, Gayda, 2013; Tkach, Los, 2013; Los, Tereshchenko, Shlonchak, 2015).

The results of the inventory was conducted in 2000-2005 showed that 5-15% of gene reserves of different species do not fit for imposed on them criterias. A tendency to state degradation of genetic conservation units *in situ* was observed (Volosyanchyk, Los, Yatsyk, 2003; Gayda, 2012). On the other hand, the selection of new objects of genetic conservation is often problematic due to considerable reduction of natural origin forests area.

Currently "The Concept of the Conservation and Sustainable Use of Forest Genetic Resources in Ukraine" (Gayda, Yatsyk, Parpan, 2011) was accepted, a new version of the "Manual on Forest Seed Growing" (Los, Tereshchenko, Gaida, 2014) are in the approval process. These documents define a strategic goals and tasks, methodological, methodical and organizational principles and techniques of activity aimed at conserving the genetic variability of forest arboriflore and are a basis to develop new regulatory legal acts and improve the existing regulatory legal acts, which regulate various aspects of the conservation of biodiversity in forests.

Firstly, the main problems are the significant age of the *in situ* conservation units and their insufficient representation at *ex situ* units, as well as, the insufficient level of public interest to them. Fragmentation of the investigations is associated with a low level of their funding and the absence of special state programs.

In actual conditions there is an urgent need to develop and implement strategies for FGR conservation in accordance with the modern approaches. It is important to conduct the systematic research of FGR objects with an interval of 10 years, using a complex of modern methods of molecular genetics, physiology, biochemistry, and biophysics. This will provide objective information about the state of the FGR units and the dynamics of its change and, on this basis, develop scientifically justified measures for their conservation and renovation.

## СОМАТИЧЕСКИЙ ЭМБРИОГЕНЕЗ У ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (УРОЖАЙНОСТЬ, ЛОКАЛИЗАЦИЯ ГОРМОНОВ И ГЕНОТИПИРОВАНИЕ)

Третьякова И.Н.<sup>1</sup>, Пак М.Э.<sup>1</sup>, Иваницкая А.С.<sup>1</sup>, Шуклина А.С.<sup>1</sup>, Садыкова В.С.<sup>2</sup>,  
Рогожин Е.А.<sup>3</sup>, Пахомова А.П.<sup>1</sup>, Кудоярова Г.Р.<sup>4</sup>, Ахиярова Г.Р.<sup>4</sup>,  
Орешкова Н.В.<sup>1</sup>, Крутовский К.В.<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, обособленное подразделение ФИЦ  
Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск, Россия, [culture@ksc.krasn.ru](mailto:culture@ksc.krasn.ru)

<sup>2</sup>ФГБНУ «НИИНА» им. Г.Ф. Гаузе, Москва, Россия, [verkagro2003@mail.ru](mailto:verkagro2003@mail.ru)

<sup>3</sup>ИБХ им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва, Россия, [rea21@list.ru](mailto:rea21@list.ru)

<sup>4</sup>УИБ РАН, Уфа, Россия, [akhayarova@rambler.ru](mailto:akhayarova@rambler.ru)

<sup>5</sup>Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Германия,  
[konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de](mailto:konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de)

<sup>6</sup>Научно-образовательный центр геномных исследований СФУ, Красноярск, Россия

Создание сортового плантационного лесовыращивания на основе биотехнологии соматического эмбриогенеза в культуре *in vitro* является одним из перспективных направлений в лесном хозяйстве. В основе методов лежит уникальная способность растительных клеток реализовывать при определенных условиях имеющуюся у них генетическую информацию и давать неограниченное количество высокопродуктивных, устойчивых к вредителям клонированных семян.

Для запуска процесса соматического эмбриогенеза лиственницы вводили незрелые половые зародыши и мегагаметофиты, полученные от свободного и контролируемого опыления, а также самоопыления на среду АИ (<http://www.freepatent.ru/images/patents/5/2456344/patent-2456344.pdf>). Переход вегетативных клеток на путь соматического эмбриогенеза сопровождался их удлинением, поляризацией и накоплением ИУК у одного из вытянутых концов клетки. Далее шло асинхронное деление и образование глобулы соматического зародыша, на базальной стороне которой формировались эмбриональные трубки, слагающие суспензор. Образовывалась эмбрионально-суспензорная масса (ЭСМ). В результате примененной технологии было получено 23 пролиферирующих клеточных линий (Кл) от трех деревьев-доноров. Возраст эмбриогенных культур составлял от двух до восьми лет. Число глобулярных соматических зародышей у разных Кл линий колебалось от 2 000 до 11 000 на 1 г ЭСМ и не изменялось с возрастом культуры. По данным иммуногистохимического окрашивания клетки глобул содержали

ИУК, зеатин и АБК, которые варьировали у разных линий. Мультипликация при регулярном субкультивировании не прекращалась в течение восьми и более лет и шла через кливаж, почкование и расщепление клеток суспензора. По данным микросателлитного анализа пролиферирующие клеточные линии лиственницы сибирской характеризовались слабой аллельной изменчивостью. При добавлении в питательную среду АБК происходило созревание соматических зародышей в течение 45 суток. Число созревших соматических зародышей колебалось от 12 до 1 221 шт на 1 г ЭСМ у разных *Кл*. Для адаптации регенеранты высаживали в стерильную почву в условиях ростовой камеры, затем в теплицу и далее в почву лесопитомника, где клонированные сеянцы активно растут в течение пяти лет. Генотипирование сеянцев по микросателлитным локусам показало полное соответствие их *Клб*, от которой были взяты регенеранты. Клонированные, генетически стабильные сеянцы можно рекомендовать, как посадочный материал для плантационного выращивания лиственницы в Сибири.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-04-01427 и финансовой поддержке РФФИ и правительства Красноярского края Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта № 16-44-240509.*

## **SOMATIC EMBRYOGENESIS OF SIBERIAN LARCH (YIELD, LOCALIZATION OF HORMONES AND GENOTYPING)**

Tretyakova I.N.<sup>1</sup>, Park M.E.<sup>1</sup>, Ivanitskaya A.S.<sup>1</sup>, Shuklina A.S.<sup>1</sup>, Sadykova V.S.<sup>2</sup>, Rogozhin E.A.<sup>3</sup>, Pahomova A.P.<sup>1</sup>, Kudoyarova G.R.<sup>4</sup>, Akhiyarova G.R.<sup>4</sup>, Oreshkova N.V.<sup>1</sup>, Krutovsky K.V.<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia, [culture@ksc.krasn.ru](mailto:culture@ksc.krasn.ru)

<sup>2</sup>Gause Institute of New Antibiotics, Moscow, Russia, [verkagro2003@mail.ru](mailto:verkagro2003@mail.ru)

<sup>3</sup>Shemyakin and Ovchinnikov Institute of bioorganic chemistry RAS, Moscow, Russia, [rea21@list.ru](mailto:rea21@list.ru)

<sup>4</sup>Ufa Institute of Biology RAS, Ufa, Russia, [akhiyarova@rambler.ru](mailto:akhiyarova@rambler.ru)

<sup>5</sup>Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August-University of Göttingen, Göttingen, Germany, [konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de](mailto:konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de)

<sup>6</sup>Genome Research and Education Center, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Development high-quality plantation forest growing based of biotechnology in somatic embryogenesis in vitro culture is one of the promising direction in forestry. The method based on the unique ability of plant cells to realize under certain conditions available to them the genetic information and give an unlimited number of high-yield, pest-resistant cloned seedlings.

To start the process of somatic embryogenesis of larch we injected immature sexual embryos and megagametophytes to the culture medium AI (<http://www.freepatent.ru/images/patents/5/2456344/patent-2456344.pdf>), this plant material obtained from free, controlled and self-pollination. Conversion of vegetative cells on the path of somatic embryogenesis was accompanied by elongation and polarization of cells and accumulated IAA at one pole of cell. When



asymmetric cellular division in apical domain of globular embryo occurred, in basal domain an embryonal tubes (suspensor) developed. The embryonal suspensor mass (ESM) are formatted. As a result of the application of this technology 23 proliferating cell lines (CL) were derived from three tree-donors. Age embryogenic cultures ranged from two to eight years. The number of globular somatic embryos at different CL ranged from 2 040 to 11 103 per 1 gram ESM.

According to immunohistochemically study cells of globules contained IAA, zeatin, ABA, which varied among different CL. Multiplication goes through cleavage, budding and splitting cells suspensors and did not stop within eight years of observations. According to microsatellite analysis of proliferating cell lines of Siberian larch was characterized by weak allelic variation. The addition of ABA to the nutrient medium led to the maturation of somatic embryos within 45 days. The number of matured somatic embryos ranged from 12 to 1 221 to 1 gram of ESM at different Cl. Regenerants was planted in sterile soil in conditions of the growth chamber for the adaptation, then in a greenhouse and later to the soil of the nursery, where the cloned seedlings are actively growing in the next five years. Genotyping of the seedlings at the microsatellite loci showed the full conformity of their CL6, which was taken regenerants. Cloned, genetically stable seedlings can be recommended as planting material for plantation of larch in Siberia.

*The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research, Government of Krasnoyarsk Territory, Krasnoyarsk Region Science and Technology Support Fund to the research projects No 15-04-01427 u No 16-44-240509.*

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АННОТАЦИЯ ГЕНОМА ЛИСТВЕННИЦЫ КАК ПОДХОД К ПРОЯСНЕНИЮ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ВАЖНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ**

**Феранчук С.И.<sup>1,2,3</sup>, Шаров В.В.<sup>3,4</sup>, Путинцева Ю.А.<sup>3</sup>, Кузьмин Д.А.<sup>3,4</sup>, Орешкова Н.Н.<sup>3,5</sup>, Крутовский К.В.<sup>3,6,7,8</sup>**

<sup>1</sup>Кафедра информатики, Институт кибернетики им. Е.И. Попова, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск 664074, Россия,

*feranchuk@gmail.com*

<sup>2</sup>Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, Иркутск 664033, Россия

<sup>3</sup>Лаборатория лесной геномики, Научно-образовательный центр геномных исследований Сибирского федерального университета, Красноярск 660036, Россия,

*sharvadim07@yandex.ru*

<sup>4</sup>Кафедра высокопроизводительных вычислений, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск 660074, Россия,

*dm.kuzmin@gmail.com*

<sup>5</sup>Лаборатория лесной генетики и селекции, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН ФИЦ Красноярского НЦ СО РАН, Красноярск 660036, Россия, *oreshkova@ksc.krasn.ru*

<sup>6</sup>Отделение лесной генетики и селекции, Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген 37077, Германия, *konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de*

<sup>7</sup>Лаборатория популяционной генетики, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва 119991, Россия, *kkrutovsky@gmail.com*

<sup>8</sup>Отделение экосистемных наук и управления, Техасский АМ университет, Колледж Стейшн, Техас 77843-2138, США, *k-krutovsky@tamu.edu*

Генетический признак часто определяется одновременно многими аллелями разных генов. Ассоциация между фенотипом (признаком) и

генотипом (индивидуальным набором генов и аллелей) может быть связана непосредственно с генами и аллелями, имеющими отношение к молекулярным механизмам, ответственным за формирование признака. Для подтверждения этого необходима функциональная аннотация генов в геноме. Одним из подходов для выявления генетических признаков является статистический анализ связи полиморфных аллелей как с дифференциальной экспрессией генов, так и с изменчивостью признаков. Характерной особенностью лиственницы сибирской является её листопадность и экстремально высокая морозоустойчивость. Для понимания генетического контроля данных признаков мы попытались выяснить отличие лиственницы как вида от других хвойных на геномном уровне путём сравнительного биоинформатического анализа функционально аннотированной части генома. В частности хвоя лиственницы содержит много флаваноида дигидрокверцетина, который связан с устойчивостью к холоду и было бы интересно выяснить механизмы метаболизма и генетический контроль дигидрокверцетина в лиственнице. Для этого мы использовали биологические термины, такие, например, как «листопадность» (seasonal senescence) и «устойчивость к холоду» (cold tolerance), представленные в наборе онтологических терминов генов (gene ontology) для поиска ассоциаций между онтологическими терминами и генами в аннотированном геноме лиственницы и других хвойных для обнаружения функциональных связей, т.е. для выявления связи между биологическими механизмами и свойствами генома конкретного вида. Статистический анализ, учитывающий количество ассоциаций между онтологическим термином и набором генов, а также иерархические связи между онтологическими терминами, позволил нам выявить онтологические термины, наиболее достоверно выражающие различие в сравниваемых наборах генов (т.н. GO enrichment analysis). Применительно к функциональной аннотации генома лиственницы, этот подход позволил выявить различия лиственницы по обогащённости генами, определяемыми онтологическими терминами «листопадность» и «устойчивость к холоду» при сравнении с наборами генов других хвойных, и «метаболизм кверцетина» при сравнении с листопадными.

# FUNCTIONAL ANNOTATION OF THE LARCH GENOME AS AN APPROACH TO STUDY MECHANISMS OF IMPORTANT GENETIC TRAITS

Feranchuk S.I.<sup>1,2,3</sup>, Sharov V.V.<sup>3,4</sup>, Putintseva Y.A.<sup>3</sup>, Kuzmin D.A.<sup>3,4</sup>,  
Oreshkova N.V.<sup>3,5</sup>, Krutovsky K.V.<sup>3,6,7,8</sup>

<sup>1</sup>Department of Informatics, National Research Technical University, 664074 Irkutsk, Russia,  
*feranchuk@gmail.com*

<sup>2</sup>Limnological Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 664033 Irkutsk, Russia

<sup>3</sup>Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Siberian Federal University, 660036 Krasnoyarsk, Russia

<sup>4</sup>Department of High Performance Computing, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, 660074 Krasnoyarsk, Russia

<sup>5</sup>Laboratory of Forest Genetics and Selection, V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia

<sup>6</sup>Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, *konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de*

<sup>7</sup>Laboratory of Population Genetics, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow 119991, Russia, *kkrutovsky@gmail.com*

<sup>8</sup>Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, 2138 TAMU, College Station, TX 77843-2138, USA, *k-krutovsky@tamu.edu*

Genetic trait is often controlled simultaneously by many polymorphic alleles of different genes. Association between phenotype (trait) and genotype (individual set of genes and alleles) can be due to alleles that are directly related to the molecular mechanisms responsible for the formation of the trait. To confirm this, a functional genome annotation is needed. One of approaches to detect genetic traits is the statistical analysis of the association of polymorphic alleles with both differential expression of genes and variation of traits. Characteristic life traits of Siberian larch are its deciduousness (seasonal needle senescence) and extremely high frost resistance. To understand the genetic control of these traits, we studied the difference between Siberian larch as a species from other conifers at the genomic level by comparative bioinformatic analysis of the functionally annotated part of the genome. In particular, larch needles contain a lot of flavonoid dihydroquercetin, which is associated with cold tolerance. Therefore, it would be very interesting to find out the mechanisms of metabolism and the genetic control of dihydroquercetin in larch. To do this, we used biological terms, such as "seasonal senescence" and "cold tolerance", presented as the ontological terms in the gene ontology (GO) database to search for associations between ontological terms and genes in the annotated genome of larch and other conifers for the detection of functional connections, i.e. to identify the relationship between biological mechanisms and the properties of the genome of a particular species. Statistical analysis, taking into account the number of associations between the ontological term and the set of genes, as well as hierarchical links between ontological terms, made it possible to identify ontological terms that most reliably represented the difference in compared sets of genes (the so-called GO enrichment analysis). With regard to the functional annotation of the larch genome, this approach made it possible to identify larch

differences in the enrichment of genes determined by the ontological terms "seasonal senescence" and "cold tolerance" when compared with gene sets of other conifers, and "quercetin metabolism" when compared with deciduous species.

## **INVESTIGATING AND COMPARISON OF REGENERATION DIVERSITY OF WOODY SPECIES IN NATURAL STANDS AND PLANTATION OF *PINUS TAEDA* IN NORTHERN FORESTS OF IRAN**

Mir Mozaffar Fallahchai

Department of Forestry, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran,  
*Mir\_Mozaffar@Yahoo.com*

In this paper, the regeneration diversity of woody species in two stands; *Pinus taeda* plantation and natural forest was studied and compared. For this purpose, two Parcels in northern forests of Iran were selected; Parcel number 113 (*Pinus taeda* plantation) and 156 (natural forest) with an area of 20 ha and 25 ha, respectively. The Random-Systematic method was carried out with grid dot of 100 m × 100 m and sampling plots of 500 m<sup>2</sup>. In each plot number of trees, diameter at breast height (D.B.H.) and tree species was measured. The regeneration of species in two height classes of more and less than 1.3 m was considered in micro-plots and sampling plots, respectively. Data were analyzed and the mean of each index was calculated and compared by t-test. Results showed that, diversity and richness indices in plantation was less than it in natural stand which in this case, the MacArthur's N1 index and the MacIntosh index were 1.998 and 0.296, respectively.

*Keywords:* Diversity, Plantation, *Pinus taeda*, Natural forest, Iran northern forests.

## **ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ ВИДОВОЙ СИРЕНИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ОМОЛОЖЕНИЯ ЦЕННЫХ ТАКСОНОВ РЕФЕРИРУЕМОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ**

Хотляник Н.В., Зубарев А.В., Спиридович Е.В.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
*khotlyanik@yandex.ru*

Возросший в последние годы интерес к сирени не только как красивоцветущему декоративному кустарнику, но и как к объекту получения ценных продуктов вторичного метаболизма, возможности использования древесины в строительстве и для изготовления мебели, выдвинул на первый план вопрос сохранения и омоложения реферируемой коллекции видовой сирени Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС).

Таксономическое разнообразие рода сирень в ЦБС включает 2 подрода. Подрод лигустрина (*Ligustrina*) с входящими в его состав: *S. reticulate* subsp. *reticulata*, *S. reticulate* subsp. *Amurensis* и *S. reticulate* subsp.

*pekinensis*. Второй подрод – сирень (*Syringa*) в ЦБС представлен тремя сериями: волосистые, пушистые и обыкновенные сирени. В коллекции ЦБС имеются 7 видов, 2 подвида и 1 форма серии волосистые сирени. Серия пушистые сирени включает таксоны, которые представлены 2 вариациями и 1 подвидом. Серия обыкновенные сирени состоит из 1 вида, 1 подвида. Представители четвертой серии – перистые – отсутствуют. В ходе исследования выявлена группа таксонов рода *Syringa* L. с высоким содержанием сирингина в коре и наибольшим уровнем комплексной продуктивности, что позволяет определиться с выбором объектов для введения в культуру *in vitro*, дальнейшего плантационного выращивания для заготовки лекарственного сырья. В эту группу вошли *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa villosa* ssp. *Wolfii* (C.K. Schneid.) Jin Y. Chen & D.Y. Hong [1].

В качестве первичных эксплантов для введения в культуру использовали молодые побеги с пазушными почками, полученные выгонкой в лабораторных условиях (срезка веток с материнских растений коллекции проводилась в период с января по март). В качестве стерилизующих агентов использовались: хозяйственное мыло, 0,4%-й раствор фунгицида «Ридомил Голд» (экспозиция 7 мин.), 0,06%-й раствор «Хлороцида» (Бел Асептика) (экспозиция 30 мин.). Для введения в культуру *in vitro* использовали модифицированную питательную среду Murashige & Skoog с полуторным содержанием макросолей, добавлением 1 мг/л 2-ип; источник углерода – сахароза (20 г/л), уплотнитель – агар (Sigma) (7 г/л) Экспланты культивировали при стандартных условиях выращивания *in vitro*: температура  $24 \pm 1$  °C, 16/8-часовой фотопериод, интенсивность освещения 3-4 клк. [2]. В процессе работы выявлено, что на этапе введения в культуру наблюдается выраженная видоспецифичность изучаемых таксонов сирени. Наилучшие показатели морфогенетического потенциала проявили виды *S. villosa* Vahl. (сирень волосистая) и *S. vulgaris* L. (сирень обыкновенная), самый низкий – *S. reticulata* subsp. *pekinensis* (Rupr.) P.S. Green & M.C. Chang (сирень пекинская).

#### **Литература:**

1. Спиридович Е.В., Шабуня П.С., Башилов А.В. и др. Разработка критериев ГИС-документирования и селекционной оценки по содержанию сирингина представителей рода сирень (*Syringa* L.) в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси // Доклады НАН Беларуси. 2017 (в печати).
2. Popowich E.A., Brel N.G. Growth and micropropagation of lilac and rose aseptic cultures for prolongation cultivation studing // 9-th Conference of Horticulture. Vol. 3. Lednice, 2001. Czech Republic. P. 665–668.
3. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // Physiol. Plant. 1962. Vol. 15. P. 473–497.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОДНОЙ ИЗ КРУПНЕЙШИХ ПРОГРАММ ГИБРИДИЗАЦИИ ТОПОЛЯ В РОССИИ

Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А.

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия,  
*anatolytsa@gmail.com*

Работы по гибридизации тополей в России с целью получения более разнообразного набора продуктивных и устойчивых генотипов начаты в 30-50-х годах XX века (Березин, 1939; Яблоков, 1956; Альбенский, 1959; Богданов, 1965; и др.). В Центральном Черноземье такие работы в 50-х годах начал профессор М.М. Вересин (1974). В дальнейшем в этом регионе гибридизацией белых и настоящих тополей в 70-х годах и позже занимались его ученики и последователи.

Наиболее крупными программами гибридизации в России были:

1) Работы А.М. Березина в Уфе (проведено более чем 80 различных вариантов скрещиваний, получено более 80 тысяч гибридных семян, из которых отселектировано 18 лучших деревьев).

2) Скрещивания П.Л. Богданова в Ленинграде (160 вариантов, 75 из которых были успешными, выращено 2 500 гибридных семян, отселектировано 32 дерева, 4 из которых рекомендовано для разведения и использования).

3) Гибридизация в Центральном Черноземье, где было проведено 736 вариантов скрещиваний, получено 54 150 гибридных семян, из них 10 000 М.М. Вересиным, 1 650 А.П. Царевым, 2 500 В.П. Петрухновым и 40 000 Р.П. Царевой (Вересин, 1974; Царев, Царева, 2010). В целом было отобрано более 240 лучших деревьев, в том числе 10 – в коллекциях М.М. Вересина, 56 – А.П. Царева, 68 – В.П. Петрухнова и 109 – Р.П. Царевой.

Среди гибридов М.М. Вересина лучшими по росту выделились две семьи:

1) *P. alba* × *P. tremula* и *P. deltoids* × *P. balsamifera*. Средний объем стволов у первой семьи в 20-летнем возрасте достиг  $0,61 \pm 0,07 \text{ м}^3$ . Лучшее гибридное дерево этой семьи, названное нами условно, ‘Вересин-1’, в этом возрасте имело  $1,13 \text{ м}^3$ , или на 85% больше среднего показателя семьи. В 63 года его объем составил  $5,95 \text{ м}^3$ . Во второй семье выделен элитный сеянец ‘э.с.-38’, названный М.М. Вересиным ‘Воронежский Гигант’. Он был клонирован и широко испытан в разных регионах страны. В Семилукском популетуме Воронежской области в возрасте 40 лет совокупность его рамет достигла среднего объема ствола  $1,74 \text{ м}^3$  (Tsarev et al., 2017, <https://doi.org/10.1515/sg-2016-0011>).

К настоящему времени в Центральном Черноземье отселектировано и размножено 12 лучших гибридов, 3 из них получили статус сорта. Это гибриды А.П. Царева ‘Болид’, ‘Ведуга’ и ‘Степная Лада’, на которые Госсортокомиссией РФ выданы патенты институту ВНИИЛГИСбиотех и авторские свидетельства селекционеру. Один сорт Р.П. Царевой и В.А. Царева, ‘Бриз’, принят Госсортокомиссией РФ на испытание. Проводится дальнейшая работа по патентованию и других кандидатов в сорта (Царев и др., 2017).

Выделенные гибриды по росту превышают средние показатели семей в 18-30-летнем возрасте на 30-170%.

Полученные гибриды испытываются на быстроту роста, устойчивость к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды, качество стволов и древесины, а также на декоративность. Опыты по их сортоиспытанию заложены на ряде опытно-производственных участков в Воронежской, Тамбовской, Липецкой, Волгоградской и Донецкой областях.

Лучшие из отселектированных гибридов будут рекомендованы для плантационного, полезащитного и мелиоративного лесоразведения, а также для озеленения.

*Обобщение выполнено при финансовой поддержке Министерства продовольствия и сельского хозяйства Германии в 2016-2017 годах, проект MaRussiA (грант 28I-004-01, BLE).*

## **RESULTS OF A PROMINENT RUSSIAN POPLAR HYBRIDIZATION PROGRAM**

Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia,  
Voronezh, Russia, *anatolytsa@gmail.com*

The hybridization of poplars in Russia was initiated in the 30-50-ies of the twentieth century with the aim of obtaining a more diverse set of productive and stable genotypes (Berezin, 1939; Yablokov, 1956; Albensky, 1959; Bogdanov, 1965; and others). In the Central Chernozem region Professor Veresin (1974) began poplar hybridizations during the 50-ies and during the 70-ies and later his disciples and followers hybridized *Leuce* and *Eupopulus* poplars in this region.

The largest programs of hybridization in Russia were:

1) A.M. Berezin in Ufa (he generated more than 80 different crossing variants, received more than 80 thousand hybrid seedlings, of which 18 best trees were selected).

2) P.L. Bogdanov's crossings in Leningrad (160 crossings, 75 of which were successful, 2 500 hybrid seedlings were grown, 32 trees were selected, 4 of which were recommended for cultivation and use).

3) Hybridization in the Central Chernozem region, where 736 crossing variants were generated, 54 150 hybrid seedlings were obtained including 10 000 by M.M. Veresin, 1 650 – by A.P. Tsarev, 2 500 – by V.P. Petrukhov and 40 000 – by R.P. Tsareva (Veresin, 1974; Tsarev, Tsareva, 2010). Overall, more than 240 of the best trees were selected including 10 in the collections created by M.M. Veresin, 56 – by A.P. Tsarev, 68 – by V.P. Petrukhov and 109 – by R.P. Tsareva.

Among the M.M. Veresin's hybrids, two families were selected: 1) *P. alba* × *P. tremula* and 2) *P. deltoids* × *P. balsamifera*. The average stem volume in the first family in the age of 20 years reached  $0.61 \pm 0.07 \text{ m}^3$ . The best hybrid tree of this family we conditionally named 'Veresin-1' at this age with  $1.13 \text{ m}^3$ , or 85% above the family average. At age 63 years its volume was  $5.95 \text{ m}^3$ . In the second family

the elite seedling 'e.s.-38' was selected, it was named by M.M. Veresin 'Voronezh Giant'. It was cloned and extensively tested in different regions of the country. In Semiluksky populetum of Voronezh region its ramets at the age of 40 years reached an average trunk volume of 1.74 m<sup>3</sup> (Tsarev et al., 2017, <https://doi.org/10.1515/sg-2016-0011>).

Up to date in the Central Chernozem region the top 12 hybrids were selected and propagated. Three of them received the status of varieties. There are the A.P. Tsarev hybrids 'Bolid', 'Veduga' and 'Steppe Lada', on them the State Variety Commission (Gossortkomission) of the Russian Federation issued patents to All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology (VNIILGISbiotech) and to the breeder. One variety obtained by R.P. Tsareva and V.A. Tsarev, 'Breeze', adapted by Gossortkomission to the test. Further work is underway on patenting other candidates in the varieties (Tsarev et al., 2017). Selected hybrids have shown 30-170% higher growth performance above average at the age of 18-30 years.

Some hybrids have been tested for growth performance, resistance to adverse biotic and abiotic environmental factors, stem and wood quality, as well as for amenity purposes. Field trials were established in several experimental plots of Voronezh, Tambov, Lipetsk, Volgograd and Donetsk regions.

The best of selected hybrids will be recommended for wood production, field reclamation and afforestation, as well as for landscaping.

*The generalizing review was executed due to financial support of the Ministry of Food and Agriculture of Germany in 2016-2017, the project MaRussiA (grant 28I-004-01, BLE).*

## **ГРАДИЕНТНЫЙ ГЕНО- И АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАРГИНАЛЬНЫХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПУЛЯЦИЙ *CALLUNA VULGARIS* (L.) HULL НА ТРАНСЕКТЕ МУРМАНСК – АНКАРА**

Черепанова О.Е., Петрова И.В.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия,  
*botgarden.olga@gmail.com*

Анализ градиентов хпДНК по параметрам межпопуляционной подразделенности  $F_{ST}$ , на субмеридиональной трансекте Мурманск – Анкара, пересекающей центральную часть европейского ареала вереска показал, что градиенты генетических дистанций (ГГД), определяемые нами как отношения  $F_{ST}$  между смежными популяциями на трансекте Мурманск – Анкара к расстоянию между ними (Петрова, Санников, 1996), отражают темп хорологических изменений структуры гаплотипов хпДНК, позволяют выявить границы ее резких перепадов. Максимальный ГГД установлен в северной части трансекты – между популяциями Мурманска и Кеми. По соотношению спектров гаплотипов этих выборок и результатам ординации всех популяций в 3-мерном поле координат, они отнесены нами к двум различным филогеогеографическим группам – Северо-европейской и



Средиземноморско-юго-восточно-европейской. По константной встречаемости (а иногда и доминированию) в первой группе популяций гаплотипа *O* можно предположить ее реколонизацию в голоцене через Скандинавию на север Кольского полуострова и северо-восток Русской равнины. Все остальные популяции на трансекте Мурманск – Анкара характеризуются доминированием гаплотипа *D*, который, вероятно, является анцестральным и происходит из Альп или Анатолии. Анализ ГГД на всем дальнейшем протяжении (около 3 500 км) трансекты Кемь – Анкара говорит об их крайне низких и относительно стабильных величинах. В большинстве случаев они колеблются в пределах 0,003-0,005, а иногда – между парами выборок Выборг – Псков, Мизунь – Румыния, Румыния – Анкара – вообще отсутствуют, что свидетельствует об их генетической идентичности.

Анализ морфо-анатомических градиентов популяций *C. vulgaris* на трансекте Мурманск – Батуми выявил общий тренд снижения количества устьиц и повышения числа трихом в направлении с севера на юг ареала, особенно в обширной дизъюнкции между его основной частью и маргинальной южной островной популяцией в Колхиде (Батуми). По-видимому, как это выявлено нами и на трансекте «запад–восток ареала» (Лондон – Заводоуспенское), вереск, в отличие от многих других видов, таким путем адаптируется к условиям засушливого климата. Сохраняется и отчетливый тренд, отмеченный нами ранее – общего уменьшения линейных параметров клеток эпидермы от границ ареала к центральной его части. В маргинальной южной популяции (Батуми) высота клеток эпидермы сравнительно резко возрастает ( $31,76 \pm 5,05$  мкм), тогда как в центральной она минимальна (Брянск –  $26,27 \pm 1,23$  мкм). При этом толщина кутикулярного слоя также достоверно увеличивается вместе с высотой эпидермальных клеток от центра к периферии ареала, достигая максимального значения на юге ( $4,36 \pm 0,22$  мкм) и препятствуя излишней транспирации в дневные часы. В общем, можно предположить, что *C. vulgaris*, произрастающий на крайнем юге ареала, наиболее адаптирован к засушливому климату «средиземноморского типа».

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-04-03899 а.*

## **GRADIENT GENETIC AND MORPHOLOGIC-ANATOMIC ANALYSIS OF MARGINAL AND CENTRAL POPULATIONS OF *CALLUNA VULGARIS* (L.) HULL ON TRANSECT MURMANSK – ANKARA**

**Cherepanova O.E., Petrova I.V.**

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,  
*botgarden.olga@gmail.com*

The analysis of chDNA gradients performed according to parameters of interpopulation subdivision FST on the submeridional transect Murmansk – Ankara, which crosses the central part of European range of *Calluna vulgaris* (L.), showed that the genetic distance gradients (GDG), defined as ratio of FST between the

neighboring populations on the transect Murmansk – Ankara to the distance between them (Petrova, Sannikov, 1996), represent the chronological changes rate of chDNA haplotypes structure and reveal the borders of its sharp variations. The maximum (GDG) was found out in the northern part of transect – between the populations of Murmansk and Kem. Basing on the haplotypes spectra correlation of these samples and on the ordination results of all the populations in the three-dimensional coordinate field, we placed them into two different phylogenogeographic groups – Northern-European and Mediterranean-Southeast-European. Judging by the constant occurrence (and sometimes domination) of haplotype *O* in the first group of populations it can be supposed that its recolonization during Holocene took place through Scandinavia to the north of Kola Peninsula and northeast of Russian plain. All the other populations located on transect Murmansk – Ankara show the domination of haplotype *D*, which is ancestral and originates from the Alps or Anatolia. The further GDG analysis performed for all the length of transect Kem – Ankara (about 3 500 km) demonstrates their extremely low and relatively stable values. Predominantly they vary within the limits of 0.003-0.005, and sometimes between the pairs of samples Vyborg – Pskov, Mizun – Romania, Romania – Ankara – they are absent, which evidences for their genetic identity.

The analysis of morphologic-anatomic gradients of *C. vulgaris* populations on the transect Murmansk – Batumi revealed the general trend of stoma number decrease and trichome number increase, which occur from the north to the south of the range, especially in the great disjunction between its main part and marginal southern insular population in Colchis (Batumi). Presumably, as it was already found out by us for transect "west – east of the range" (London – Zavodoyspenskoje), *C. vulgaris* differs from many other species and in such a way it adapts to the dry climate. There is also strong trend, already noticed before, – to general reduction of epidermis cell linear parameters occurring from the borders of the range to its central part. In the marginal southern population (Batumi) the epidermis cell height grows sharply ( $31.76 \pm 5.05$  micron), when in the central population it is minimal (Bryansk –  $26.27 \pm 1.23$  micron). At the same time the cuticular layer thickness also definitely increases along with the epidermis cell height from the center to the periphery of the range reaching the maximum value in the south ( $4.36 \pm 0.22$  micron) and impeding the excessive transpiration in the day time. Generally it can be supposed that *C. vulgaris* growing in the southernmost part of the range is more adapted to the dry climate of Mediterranean type.

*The research was performed under the support of grant of The Russian Foundation for Basic Research No 15-04-03899 a.*

## **PINUS SYLVESTRIS В ОСТРОВНЫХ БОРАХ РУССКОЙ РАВНИНЫ**

Чернодубов А.И.

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия, [chernodubov2010@yandex.ru](mailto:chernodubov2010@yandex.ru)

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) на территории Русской равнины сформировала в процессе эволюции большое количество различных биотипов

в частности эдафических: боры на песках (Усманский, Хреновской, Старо-Оскольский, Кременской, Ново-Московский, Черкасский), на меловых обнажениях (Жигулевский, Хвалынский, Стенки-Изгорья, Бекарюковский, Славянский), которые отличаются по различным признакам и показателям (Сукачев, 1938; Правдин, 1964; Мамаев, 1972; Бобров, 1978). Дискуссионный до настоящего времени вопрос о понятии «популяция» для древесных пород: ее объем, границы, является она последней элементарной единицей или нет? Изучение островных боров было начато с рассмотрения некоторых фенотипических или морфолого-анатомических признаков и показателей – хвои, шишек, семян. Проанализировав полученный материал на основе коэффициентов изменчивости, дисперсионного анализа мы получили противоречивые данные об их ценности для изучения структуры популяций. И только использование методов многомерного анализа (факторного, кластерного) позволило выделить наиболее информативные показатели: индекс шишек и цвет семян. Использование биохимических показателей: монотерпенов (эфирные масла) и изоферментов также не дало однозначных ответов на возможность их использования для рассмотрения популяционной структуры островных боров. И только использование всех трех групп показателей и признаков – морфометрических показателей хвои, шишек, семян, монотерпенов эфирных масел из хвои и изоферментов с применением факторного анализа позволило выявить наиболее ценные и информативные. Установлено что 56,2% всей дисперсии приходится на первый фактор – изоферменты, которые к тому же имеют отрицательную связь с остальными признаками и факторами. Второй фактор, вклад которого в накопленную дисперсию составляет 21,6%, приходится на длину хвои, полнозернистость семян, длину и диаметр шишек. Наиболее констатным и с отрицательным значением является индекс или форма шишек. Третий фактор (дисперсия 9,2%) приходится на компоненты монотерпеновой фракции эфирных масел. Таким образом, комплексное изучение островных боров юга Русской равнины с применением многомерного анализа (факторного) показало, что они имеют свои естественные границы, изолированы друг от друга фенологически, пространственно, различаются друг от друга по генетическим, фенотипическим признакам и показателям и выступают как самостоятельные популяции. Являются ли они последней самостоятельной единицей вида *Pinus sylvestris* L.? Нет. По нашему мнению – каждый из изученных островных боров состоит из группы микропопуляций принятых в лесоведении как типы леса или типы лесорастительных условий с главной лесообразующей породой – сосной со спутниками, своими почвенными разностями, напочвенным покровом и так далее.

## ***PINUS SYLVESTRIS* ISLAND FORESTS OF THE RUSSIAN PLAIN**

Chernodubov A.I.

G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia,  
*chernodubov2010@yandex.ru*

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on the territory of the Russian plain have formed in the course of evolution a large number of different biotypes in particular edaphic: forests on Sands (Usman, Khrenovskaya, Old-Oskol, Kreminna, Novo-Moscow, Cherkasy), on chalk outcrops (Zhigulevsk, Khvalynskaya, Wall-Izhora, Becherucci, Slavic), which differ according to various criteria and indicators (Sukachev, 1938; Pravdin, 1964; Mamaev, 1972; Bobrov, 1978). Discussion to date the question of the concept of "population" for tree species: its scope, boundaries, it is the last elementary unit or not? The study of insular coniferous forests was begun with a consideration of some phenotypic or morphological-anatomical characteristics and indicators of pine needles, cones, seeds. After analyzing the material on the basis of coefficients of variation, analysis of variance, we have received conflicting information about their value for the study of population structure. Only the use of multivariate analysis (factor, cluster) allowed to identify the most informative indicators: the index of cones and color of seeds. The use of biochemical indicators: monoterpenes (essential oils) and isozyme also did not give a definite answer to the possibility of their use for consideration of population structure of insular coniferous forests. And usage of all three groups of key figures and characteristics – morphometric indices of pine needles, cones, seeds, monoterpenes of essential oils from pine needles and isoenzymes with the use of factor analysis has allowed to identify the most valuable and informative. Established that 56.2% of the variance was explained by the first factor – isoenzymes, which also have negative correlation with other traits and factors. The second factor, whose contribution to the accumulated dispersion is 21.6%, to account for the length of the needles, polnozernistost seed, the length and diameter of cones. Most konstatnin and with a negative value is the index or the shape of cones. The third factor (the variance of 9.2%) in the components of the monoterpene fraction of essential oils. Thus, a comprehensive study of insular coniferous forests of southern Russian plain with the use of multivariate analysis (factor) showed that they have their natural boundaries, isolated from each other geologicheski, spatial, differ from each other in the genetic, phenotypic signs and indicators and act as an independent population. Are they the last individual of the species *Pinus sylvestris* L.? No. In our opinion, each one of the studied hog island consists of a group of micropopulations adopted in forestry as forest types or types of forests with the main forest-forming species is pine with the satellites, their soil differences, ground cover and so on.

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO* ЦЕННЫХ ГИБРИДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *SALIX L.*

Чорнобров О.Ю.<sup>1</sup>, Горелов А.М.<sup>2</sup>, Кругляк Ю.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОП НУБиП Украины «Боярская лесная опытная станция», Боярка, Украина,  
*oksana\_chornobrov@ukr.net*

<sup>2</sup>Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Киев, Украина,  
*alexgorelov@rambler.ru, ulija\_kr@ukr.net*

Селекция древесных культур предполагает наличие коллекции растений *in vitro*, которые в совокупности представляют широкий спектр различных комбинаций ценных признаков исходных форм. Украинским селекционером А.М. Гореловым совместно с сотрудниками отдела дендрологии Национального ботанического сада им. Н.Н. Гришко НАН Украины созданы гибридные формы растений рода *Salix L.*: [*(S. purpurea* × *S. viminalis)* × *S. caprea*] × *S. caprea* (♀), *S. caspica* × *S. caprea* (♂), *S. caspica* × *S. caprea* (♀), *S. caspica* × *S. caprea* × *S. caprea* (♀). Они характеризуются высокой продуктивностью и устойчивостью к болезням и вредителям (Горелов и др., 2014). Метод культуры изолированных тканей и органов *in vitro*, в противовес традиционным способам размножения, позволяет получать оздоровленные, генетически однородные растения в течение года с минимального количества донорного материала (Бутенко, 1964; Калинин и др., 1980). В настоящее время в научной литературе отсутствуют данные о микроклональном размножении исследуемых растений. Именно поэтому целью исследования была разработка биотехнологии микроклонального размножения искусственных межвидовых гибридов кустарниковых ив для создания коллекции культур *in vitro* различного целевого использования.

Для исследований использовали части побегов длиной 10-15 см, которые отбирали с 6-7-летних растений-доноров в феврале – апреле 2015 г. В качестве эксплантов, применяли микропобеги длиной 10-15 мм, полученные путем активации роста меристем в лабораторных условиях (Т = 24±2 °С, относительная влажность воздуха 60-70%). Стерилизация растительного материала заключалась в выдерживании в мыльном растворе и проточной воде (по 15-20 мин.), ополаскивании дистиллированной водой, обработке 70% этиловым спиртом (30-60 сек.), погружении в 0,1% HgCl<sub>2</sub> (3-15 мин.) и 4-кратном промывании в стерильной дистиллированной воде (по 10-15 мин.). Растительный материал культивировали на питательной среде по прописи Мурасиге и Скуга (МС) (Т. Murashige & F. Skoog, 1962) с добавлением регуляторов роста по общепринятой методике (Калинин и др., 1980).

В результате проведенных исследований установлены условия эффективной стерилизации эксплантов исследуемых растений (эффективность более 90%): применение ступенчатого способа, который заключался в выдерживании растительного материала в течение 1 мин. в 70% этиловом спирте с последующим переносом на 6-7 мин. в 0,1% HgCl<sub>2</sub>. Результаты экспериментов по исследованию регенерационной способности эксплантов растений показали целесообразность использования питательной среды МС в

качестве базовой. Значительные результаты по регенерации эксплантов путем активации роста имеющихся меристем наблюдали на МС с добавлением 0,25-0,5 мг·л<sup>-1</sup> кинетина и 2,0 г·л<sup>-1</sup> активированного угля за 30-60-ти суточный цикл культивирования. При таком режиме культивирования получили хорошо развитые микропобеги с частотой корнеобразования 50-100%. Интенсивное микропобегообразование растений путем прямого морфогенеза фиксировали на МС с внесением 1,0 мг·л<sup>-1</sup> ИУК и 0,1 мг·л<sup>-1</sup> БАП.

Итак, разработанная нами биотехнология микрклонального размножения четырёх искусственных межвидовых гибридов кустарниковых ив позволяет получать значительное количество регенерантов и создавать коллекцию культур *in vitro* различного целевого использования.

## **BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF IN VITRO COLLECTION OF THE VALUABLE HYBRID PLANTS OF THE GENUS *SALIX* L. CREATION**

**Chornobrov O.Yu.<sup>1</sup>, Gorelov A.M.<sup>2</sup>, Kruglyak Yu.M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Separated subdivision of NULES of Ukraine "Boyarka Forestry Research Station",  
Boyarka, Ukraine, [oksana\\_chornobrov@ukr.net](mailto:oksana_chornobrov@ukr.net)

<sup>2</sup>M.M. Gryshko National Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kiev, Ukraine, [alexgorelov@rambler.ru](mailto:alexgorelov@rambler.ru), [ulija\\_kr@ukr.net](mailto:ulija_kr@ukr.net)

Selection of woody crops assumes the presence of a collection of plants *in vitro*, which in its entirety represent a wide range of different combinations of valuable features of the original forms. Ukrainian breeder A.M. Gorelov together with the personnel of the Department of Dendrology of the M.M. Gryshko National Botanic Garden of the NAS of Ukraine have created the next hybrid forms of plants of the genus *Salix* L.: [*S. purpurea* × *S. viminalis*] × *S. caprea* × *S. caprea* (♀), *S. caspica* × *S. caprea* (♂), *S. caspica* × *S. caprea* (♀), *S. caspica* × *S. caprea* × *S. caprea* (♀). High productivity and resistance to diseases and pests characterize them (Gorelov et al, 2014). The method of culture of isolated tissues and organs *in vitro*, in contrast to conventional methods of reproduction, allows obtaining healthy, genetically homogeneous plants throughout a year from a minimum amount of donor material (Butenko, 1964; Kalinin et al., 1980). In turn, in the scientific literature there is no data on microclonal reproduction of the investigated plants. That is why the research was aimed at developing the biotechnology of micropropagation of artificial interspecific hybrids of shrub willows to create *in vitro* culture collection for different intended uses.

For the research, 10-15 cm long parts of shoots selected from 6-7-year-old donor plants in February–April of 2015 were used. As explants, 10-15 mm shoots obtained by activating meristem growth under laboratory conditions (T = 24±2 °C, relative air humidity was 60-70%) were used. Sterilization of plant material consisted of soaking in soapy and then running tap water (for 15-20 min in each), rinsing with distilled water, treatment with 70% ethyl alcohol (for 30-60 sec), immersion in 0.1% HgCl<sub>2</sub> (for 3-15 min) and 4-fold washing in sterile distilled water (for 10-15 min). The plant material was cultivated on a nutrient medium

prescribed by Murashige and Skoog (MS) (T. Murashige & F. Skoog, 1962) with the addition of growth regulators according to the conventional method (Kalinin et al., 1980).

As a result of the conducted studies, the conditions for effective sterilization of the explants of the investigated plants (efficiency over 90%) were established: the use of the stepwise method, which consisted in keeping the plant material for 1 min in 70% ethyl alcohol with subsequent transfer for 6-7 min in 0.1% HgCl<sub>2</sub>. The results of experiments on the study of the regenerative capacity of plant explants showed the expediency of using the MS nutrient medium as a base. Significant results on the regeneration of explants by activating the growth of available meristems on MS with addition of 0.25-0.5 mg·L<sup>-1</sup> kinetin and 2 g·L<sup>-1</sup> activated carbon over a 30-60-day culturing cycle were observed. Under this regime of cultivation, well-developed shoots with a rooting frequency of 50-100% were obtained. Intensive shoots formation of plants by direct morphogenesis on MS with addition of 1.0 mg·L<sup>-1</sup> IAA and 0.1 mg·L<sup>-1</sup> BAP was noted.

Therefore, the developed technology of micropropagation of four artificial interspecific hybrids of shrub willows allows receiving significant amount of regenerants and creating in vitro culture collection for different intended uses.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ RAPD-АНАЛИЗА ДЛЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Чохели В.А.<sup>1</sup>, Усатов А.В.<sup>1</sup>, Маркин Н.В.<sup>1</sup>, Каган Д.И.<sup>2</sup>, Падутов В.Е.<sup>2</sup>,  
Макаренко М.С.<sup>1</sup>, Вардуни Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, [vachokheli@sfedu.ru](mailto:vachokheli@sfedu.ru)

<sup>2</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, [quercus-belarus@mail.ru](mailto:quercus-belarus@mail.ru)

Дуб черешчатый (*Q. robur*) широко распространен в естественных лесных ассоциациях умеренных широт и горных поясов северного полушария, а также в тропических и субтропических зонах Юго-Восточной Азии. Современный ареал дуба черешчатого в России находится в пределах подзоны широколиственных лесов и лесостепи европейской части страны.

Решение вопросов сохранения, рационального использования, оценки экологической значимости растительности и устойчивости к различным факторам антропогенного воздействия напрямую связаны с ее изученностью.

В связи с этим, целью работы является подбор оптимальных условий проведения полимеразной цепной реакции для RAPD-анализа на примере искусственной популяции Ботанического сада ЮФУ.

Объектами исследования послужили образцы дуба черешчатого (*Q. robur* L.) из искусственной популяции Ботанического сада ЮФУ. Экстракция ДНК проводилась из молодых листьев, предварительно обработанных слабым раствором гипохлорита натрия для дезинфекции. Выделение ДНК осуществлялось с помощью набора «Сорб-ГМО-Б» (производство «Синтол»).

ПЦР-смесь готовили из расчёта на один образец: H<sub>2</sub>O (DD) – 8 мкл; раствор 10×dNTP – 2,5 мкл (производство Литех); 10×Taq Turbo Buffer – 2,5 мкл; MgCl<sub>2</sub> (25 мМ) – 2,5 мкл; HS Taq-полимераза (5 ед.\мкл) – 0,5 мкл; ДНК-матрица (концентрации 5 нг\мкл) – 5 мкл и праймер (концентрация 10 пМ\мкл) – 4 мкл. Общий объём смеси – 25 мкл.

Аmplификация проводилась на термоциклере T100 Thermal Cycler (производство BioRad). Протокол амплификации: 1. 95 °С – 3 мин. 2. 95 °С – 20 с. 3. T<sub>a</sub> °С – 20 с. 4. 72 °С – 20 с. 5. 34 цикла, начиная со второго пункта. 6. 72 °С – 10 мин. 7. Хранение при 4 °С.

Разделение фрагментов проводили электрофорезом в 1,5%-м агарозном геле с использованием 1×TBE-буфера (Tris, Boracid, EDTA) на мощности 80 В, 2 часа, источник питания – PowerPacBasic (производство BioRad). Окрашивание ДНК производили красителем SYBR Green I × 80 (производства Lumiprobe) из соотношения 2 мкл красителя на 5 мкл ампликонов, съёмку – в гельдокументирующей системе GelDoc XR+ с программным обеспечением ImageLab версии 6.0. Маркер длин ДНК фрагментов 100+ bp DNA Ladder добавляли по 5 мкл в лунку.

Выяснилось, что использование буфера для полимеразы без антител не даёт четкой картины на электрофореграмме, что, вероятно, связано с присутствием вторичных метаболитов.

Использование буфера с антителами, высокой разрешающей способностью, содержащего вещества, снижающие активность ферментов – ингибиторов ПЦР-детекции, дало удовлетворительный результат.

Работа выполнена в рамках базовой части НИР 6.6222.2017/БЧ «Разработка стратегии, методов и технологий сохранения и рационального использования биологического разнообразия в условиях природных и урбанизированных территорий степной зоны европейской части России». На базе лаборатории клеточных и геномных технологий растений Ботанического сада ЮФУ, а так же с исполнением оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии».

## **ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ *PICEA OBOVATA* LEDEB. НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

**Шилкина Е.А., Ибе А.А., Шеллер М.А.**

Филиал ФБУ «Российский центр защиты леса» –  
«Центр защиты леса Красноярского края», Красноярск, Россия,  
*shilkinaea@rcfh.ru*

Исследование генетического разнообразия и внутривидовой дифференциации популяций хвойных лесов является одним из важных направлений в области популяционной генетики. В настоящее время широкое применение получили ДНК-методы, основанные на использовании кодоминантно наследуемых ядерных микросателлитных локусов.



Целью нашего исследования являлось изучение генетического разнообразия ели сибирской, произрастающей в естественных насаждениях на территории Средней Сибири. Отбор образцов хвои проводился в 5 популяциях *Picea obovata* Ledeb.: Шушенская, Сухобузимская, Козульская, Тюхтетская, Богучанская. Популяции расположены в таёжной, лесостепной и южно-сибирской горной лесорастительных зонах.

Для исследований были использованы 8 пар микросателлитных праймеров – *SpaGG3*, *EATC1B02*, *EATC1E03*, *UAPgAG105*, *UAPgAG150A*, *UAPgAG150B*, *Pa 33*, *Pa 36*. Полимеразную цепную реакцию ставили с применением коммерческого набора реактивов «ScreenMix» (ЗАО «Евроген», Россия). Продукты амплификации разделяли с помощью электрофореза в 6%-м полиакриламидном геле и окрашивали в растворе бромистого этидия. Визуализацию ПЦР-продуктов проводили в ультрафиолетовом свете. Анализ данных осуществляли с использованием программы Vilber Lourmat Bio Cart v. 12.5.0.0. Расчет показателей генетического разнообразия выполняли в программе GenAlEx6.

В ходе анализа электрофоретических спектров ампликонов 8 ядерных микросателлитных локусов в 5 популяциях ели сибирской выявлено от 2-х до 14 аллельных вариантов. Из 8 проанализированных локусов 7 оказались полиморфными. Для Шушенской, Сухобузимской и Тюхтетской популяций локус *Pa 33* оказался мономорфным. Наибольшее аллельное разнообразие – 14 – было выявлено в локусе *SpaGG3*. Менее изменчивым оказался локус *UAPgAG150B*, наследуемость которого определялась двумя аллельными вариантами. Среднее число аллелей на локус варьировало в популяциях от 3 до 4,38, эффективное число аллелей от 1,73 до 2,33, значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности от 0,138 до 0,304 и от 0,317 до 0,459 соответственно. Средние значения этих показателей для изученных популяций составили:  $n_a = 3,85$ ;  $n_e = 1,96$ ;  $H_o = 0,23$ ;  $H_e = 0,39$ . Наибольшее эффективное число аллелей на локус выявлено в Тюхтетской популяции (2,33). Наиболее низкие значения показателей изменчивости по изученным микросателлитным локусам были отмечены в Сухобузимской и Тюхтетской популяциях.

Индекс фиксации Райта ( $F_{st}$ ), представляющий меру дифференциации популяций, равен 0,030. Данный показатель означает, что на межпопуляционную генетическую изменчивость приходится только 3% выявленной в популяциях изменчивости. Оставшаяся изменчивость (97%) представлена внутри популяций. Генетическая дистанция, рассчитанная по методу Нея, варьирует между популяциями от 0,084 до 0,392, составляя в среднем 0,195. Проведенный анализ полученных значений генетических расстояний показал, что наиболее значительные различия в генетической структуре по микросателлитным локусам наблюдаются между Тюхтетской и остальными популяциями (показатель генетического расстояния варьирует от 0,095 до 0,392, составляя в среднем 0,208).

## GENETIC DIVERSITY OF *PICEA OBOVATA* LEDEB. ON THE TERRITORY OF MIDDLE SIBERIA

Shilkina E.A., Ibe A.A., Sheller M.A.

Branch of the Russian Center of Forest Protection –  
Center of Forest Protection of Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk, Russia  
*shilkinaea@rcfh.ru*

The study of genetic diversity and intraspecific differentiation of coniferous forests populations is one of the important directions in the field of population genetics. DNA-methods based on codominantly inherited nuclear microsatellite loci are widely used.

The aim of our research was to study the genetic diversity of Siberian spruce growing in natural stands on the territory of Middle Siberia. Needle samples were collected from 5 populations of *Picea obovata* Ledeb.: Shushenskaya, Sukhobuzimskaya, Kozulskaya, Tyukhtetskaya, Boguchanskaya. Populations are located in taiga, forest-steppe and southern-siberian mountain forest zones.

Eight pairs of microsatellite primers – *SpaGG3*, *EATC1B02*, *EATC1E03*, *UAPgAG105*, *UAPgAG150A*, *UAPgAG150B*, *Pa 33*, *Pa 36* were used for research. The polymerase chain reaction was carried out using a commercial kit "ScreenMix" (JSC "Evrogen", Russia). The amplification products were separated using electrophoresis on polyacrylamide gel (6%) and stained with ethidium bromide. The PCR products were visualized by UV fluorescence. Data analysis was performed using Vilber Lourmat Bio Capt v. 12.5.0.0 software. Genetic diversity indexes were calculated using GenAlEx6 software.

From 2 to 14 allelic variants were identified during the electrophoretic spectra analysis of amplicons of 8 nuclear microsatellite loci in 5 populations of Siberian spruce. From 8 analyzed loci 7 were polymorphic. The locus *Pa 33* was monomorphic for Shushenskaya, Sukhobuzimskaya and Tyukhtetskaya populations. The greatest allelic diversity (14) was identified in the locus *SpaGG3*. The locus *UAPgAG150B* was less variable, its heritability was determined by two allelic variants. The mean number of alleles per locus in populations ranged from 3 to 4.38, the effective number of alleles from 1.73 to 2.33, the values of observed and expected heterozygosity from 0.138 to 0.304 and from 0.317 to 0.459, respectively. The mean values of these parameters for studied populations were:  $n_a = 3,85$ ;  $n_e = 1,96$ ;  $H_o = 0,23$ ;  $H_e = 0,39$ . The highest effective number of alleles per locus was identified in Tyukhtetskaya population (2.33). The lowest values of variability parameters in studied microsatellite loci were observed in Sukhobuzimskaya and Tyukhtetskaya populations.

Wright's fixation index ( $F_{st}$ ) representing a measure of populations differentiation equals to 0.030. This means that the interpopulation genetic variability accounted for only 3% of the identified population variability. The rest of the variability (97%) was shown within populations. Genetic distance calculated by the Nei method varies between populations from 0.084 to 0.392, averaged 0.195. The analysis of the obtained values of genetic distances showed that the most significant differences in the genetic structure of microsatellite loci are observed between Tyukhtetskaya and the other populations (genetic distance ranges from 0.095 to 0.392, with a mean of 0.208).

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР  
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ СЕРЕБРЯНОБОРСКОГО ОПЫТНОГО  
ЛЕСНИЧЕСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ  
ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Шишкина Анастасия А.<sup>1</sup>, Колганихина Г.Б.<sup>2</sup>

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область, Россия,  
<sup>1</sup>frbg@mail.ru, <sup>2</sup>kolganihina@rambler.ru

Изучение географической изменчивости древесных пород дает возможность выявить климатипы, наиболее приспособленные и продуктивные в конкретных условиях произрастания. Настоящее исследование осуществлялось на постоянных пробных площадях (ППП) в географических культурах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН (Московская область). Возраст посадок – 70 лет. В 2014-2015 гг. здесь проводилась оценка санитарного и фитопатологического состояния 30 различных климатипов, в результате которой были выявлены наиболее успешные и неблагополучные [1]. В продолжение этого исследования нами предпринята попытка оценить состояние климатипов по величине радиального прироста. Для этого на ППП трех климатипов, характеризующихся разным состоянием, у части деревьев (пропорционально представленности растений разных категорий состояния) были отобраны керны. По методике А. Берримана (1990) определялись значения степени периодического прироста PGR [2]. Считается, что деревья, замедляющие свой рост ( $PGR < 1$ ) испытывают состояние стресса. Анализ полученных данных был выполнен с учетом расположения деревьев относительно очагов корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) (таблица).

Таблица – Результаты расчета периодического прироста деревьев разных групп по климатипам

Климатип	Количество деревьев на ППП	СКС*		Количество учетных деревьев (кернов)	Среднее значение PGR деревьев по группам:						Среднее значение PGR деревьев климатипа	Коэффициент корреляции между ГТК** и средними индексами прироста
		2014 г.	2017 г.		в очаге усыхания (сильно ослабленные, усыхающие, сухостойные, ветровал)		по границам очага усыхания (живые)		в межочаговом пространстве			
					1-3 классов Крафта	4-5 классов Крафта	1-3 классов Крафта	4-5 классов Крафта	1-3 классов Крафта (живые)	4-5 классов Крафта (сухостой)		
Брестская область	96	1,49	1,59	22	0,64	0,46	0,85	–	1,00	–	0,93	0,59
Алтай	220	1,64	1,92	22	0,70	–	0,98	1,00	0,81	0,80	0,88	0,52
Бурятия	55	1,87	1,91	20	0,52	0,74	0,96	–	1,01	–	0,92	0,92

СКС\* – средневзвешенная категория состояния, ГТК\*\* – гидротермический коэффициент Селянинова

Данные по динамике состояния обследованных климатипов за последние три года и значения PGR свидетельствуют о некотором замедлении роста деревьев в культурах и ухудшении их состояния в последнее время. Резкое снижение радиальных приростов характерно, в первую очередь, для деревьев в очагах усыхания. Увеличение прироста отмечено, главным образом, у экземпляров, произрастающих в отдалении от очагов, а также по их границам, что, по-видимому, связано с освобождением пространства для роста вследствие гибели соседних деревьев. Установлена заметная связь между значениями ГТК и средними индексами прироста за последние 10 лет, наименьшее значение которых соответствует годам с дефицитом осадков (2010 и 2014 гг.). В большей степени отклик прироста на засуху прослеживается у сосны бурятского происхождения.

Результаты проведенного предварительного дендрохронологического анализа согласуются с результатами визуальной оценки состояния климатипов. Различия в состоянии климатипов и его динамики обусловлены разной степенью поражения культур корневой губкой и разной скоростью распространения очагов усыхания. Наиболее серьезные темпы ослабления отмечены у сосны алтайского происхождения.

#### *Литература:*

1. Шишкина А.А., Колганихина Г.Б. Фитопатологическая оценка успешности географических культур сосны обыкновенной в Серебряноборском опытном лесничестве // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2016. № 3. С. 22–38.
2. Берриман А. Защита леса от насекомых-вредителей / Пер. с англ. В.Г. Долгополова. М.: Агропромиздат, 1990. 288 с.

### **THE CONDITION ASSESSMENT OF THE PROVENANCES OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN SEREBRYANOBORSKOE EXPERIMENTAL FORESTRY BY THE RESULTS OF DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES**

Shishkina Anastasia A.<sup>1</sup>, Kolganikhina G.B.<sup>2</sup>

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, Russia,

<sup>1</sup>*frbg@mail.ru*, <sup>2</sup>*kolganikhina@rambler.ru*

The study of tree species geographic variability makes it possible to reveal the most adapted and productive climatypes in specific growth conditions. The Serebryanoborskoe experimental forestry (Moscow region) provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were under study. The plantations are 70 years old. In 2014-2015 there was phytopathological condition assessment of 30 different climatypes, which resulted in the identification of the most successful and unsuccessful ones [1]. In continuation of this study, we made an attempt to assess the climatypes condition by measuring the radial growth. To this end, the core samples were taken of the three climatypes trees, characterized by different condition (in proportion to the representation of the plants of the different condition

categories). By the method of A. Berryman (1990), the values of the periodic growth rate (PGR) were determined [2]. It is believed that the trees that slow down their growth ( $PGR < 1$ ) are in a stress condition. The obtained data analysis was carried out taking into account the location of the trees relative to the annosum root rot (caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) centers (Table).

Table – The periodic growth rate of the different groups trees

Scots pine climatype	The number of trees in the permanent trial plots	Average trees condition category		The number of accounting trees (cores)	Average PGR of the different groups trees:						Average PGR of climatype trees	The correlation coefficient between the hydrothermic coefficient and average growth
		2014	2017		the annosum root rot centers (severely weakened, dead, dying and windthrown trees)		the disease centers boundaries (live trees)		far from annosum root rot centers			
					1-3 Kraft classes of trees	4-5 Kraft classes of trees	1-3 Kraft classes of trees	4-5 Kraft classes of trees	1-3 Kraft classes of trees (live trees)	4-5 Kraft classes of trees (dead trees)		
Brest region	96	1.49	1.59	22	0.64	0.46	0.85	–	1.00	–	0.93	0.59
Altay	220	1.64	1.92	22	0.70	–	0.98	1.00	0.81	0.80	0.88	0.52
Buryatiya	55	1.87	1.91	20	0.52	0.74	0.96	–	1.01	–	0.92	0.92

The data on the dynamics of the surveyed climatypes condition over the past three years and the PGR values indicate some reduction in radial growth and condition deterioration in recent times. A severe decrease in radial growth is characteristic, first of all, for the trees in annosum root rot centers. The increase in growth was mainly observed in trees growing far from the disease centers, as well as along their boundaries, which, apparently, is related to the release of space for growth due to the death of neighboring trees. There is a significant correlation between the hydrothermic coefficient values and average growth rates for the last 10 years, the lowest value of which corresponds to years with a deficit of precipitation (2010 and 2014). The most significant response to drought is observed in growth of Buryatiya origin pine.

The results of the preliminary dendrochronological analysis are consistent with the results of the visual climatypes condition assessment. Differences in the climatypes condition and its dynamics are due to different degrees of cultures damage by the annosum root rot and different rates of disease distribution. The most severe rates of weakening were noted in the Altai origin pine plantation.

### References:

1. *Shishkina A.A., Kolganikhina G.B.* Phytopathological assessment of the success of the provenances of *Pinus sylvestris* L. in Serebryanoborskoe experimental forestry // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry, 2016. No. 3. P. 22–38.
2. *Berryman A.* Protection of the forest against insect pests / Trans. with the English V.G. Dolgoplova. M.: Agropromizdat, 1990. 288 p.

**DETECTION OF THE NON-NATIVE HYBRID POPLARS AND GENETIC INTROGRESSION SIGNALS IN THE NATURALLY REGENERATED, POLISH POPULATIONS OF *POPULUS NIGRA* L. BASED ON THE MOLECULAR ANALYSIS**

Wójkiewicz B.<sup>1</sup>, Litkowiec M.<sup>1</sup>, Żukowska W.B.<sup>1</sup>, Wachowiak W.<sup>1,2</sup>,  
Lewandowski A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland,  
*bwojkiew@man.poznan.pl*

<sup>2</sup>Institute of Environmental Biology, Faculty of Biology, Adam Mickiewicz University,  
Umultowska 89, 61-614 Poznań, Poland

Black poplar (*Populus nigra* L.) is a forest tree species characteristic for the European riparian ecosystems which plays a central role in the initial phase of the development of riparian forests. It forms plant communities classified as the *Salici-Populetum* (willow-poplar forest), which contribute to the natural control of flooding and water quality and constitute a natural reservoir of biodiversity. This once widespread tree currently is recognized as a rare and endangered throughout Europe. The progressing genetic erosion and reducing in a number of trees of this species is due to two major causes. First, it is associated with a lack of suitable sites for the natural regeneration and spread of this species as result of urbanization, drainage of wetlands for agricultural usage, and controlled river management for flood prevention. The second threat appeared in the 18th century, after the introduction of the fast-growing poplar hybrids to the European river valleys (mostly of Canadian poplar *P. × canadensis*, originating from a cross of *P. nigra* with eastern cottonwood *P. deltoides*). The ability of *P. nigra* to crossbreed with hybrid poplars can lead to spontaneous gene exchange between wild and cultivated plants in native poplar stands and thus to the introgression of genes of *P. × canadensis* into *P. nigra*. Therefore, hybridization is seen as an additional threat to the *in situ* conservation of *P. nigra*. However, the amount of introgression of *P. × canadensis* genes into the *P. nigra* gene pool is still debated. Here 17 highly polymorphic microsatellite loci and two species-specific genetic markers were used to assess the level of genetic variation and genetic integrity of this poplar species in three natural *P. nigra* populations along Vistula riversides in Poland. The studied populations comprised two black poplar natural regeneration stands and one old native *P. nigra* population located in close proximity to the analyzed self-sowings. The preliminary results obtained with the WIN3 genetic marker indicate the presence of the hybrid poplars *P. × canadiensis* in one of the two analyzed naturally regenerated populations of *P. nigra*. These outcomes are valuable in terms of the work related with the development of suitable restitution programs of this species and restoration of riverside areas in Poland and other European countries.

# ВЫЯВЛЕНИЕ SNP-МАРКЕРОВ И ПОСТРОЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КАРТ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ *POPULUS TREMULA* L. НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ

Жигунов А.В.<sup>1</sup>, Ульянич П.С.<sup>1,2</sup>, Лебедева М.В.<sup>1,2</sup>, Потокина Е.К.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,  
Санкт-Петербург, Россия, [a.zhigunov@bk.ru](mailto:a.zhigunov@bk.ru)

<sup>2</sup>Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР),  
Санкт-Петербург, Россия, [e.potokina@vir.nw.ru](mailto:e.potokina@vir.nw.ru)

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Виды *Populus* – это быстрорастущие деревья, которые ценятся во всем мире, благодаря их быстрому росту и качеству древесины. В России наиболее морозостойкой и высокопродуктивной породой из рода *Populus* является осина обыкновенная (*Populus tremula* L.). Главный недостаток осины – массовое поражение стволовой гнилью, вызываемое грибами *Phellinus tremulae* Bond. (Bond. et Boriss.). Сообщалось, что клоны осины с наивысшими темпами роста (в том числе и естественные триплоиды) менее подвержены влиянию этого патогена. Поэтому приоритетными задачами селекции осины в России являются отбор клонов с высокими темпами роста, устойчивостью к сердцевинной гнили и высокой зимостойкостью.

Знания о генетических механизмах формирования признаков адаптивности и продуктивности осины позволят в перспективе эффективно размножать наиболее ценные коммерческие клоны. Селекция древесных растений является долгосрочным процессом, в котором использование инструментов геномного анализа может иметь очевидные преимущества. Расшифрованный и опубликованный в 2006 году геном *P. trichocarpa* служит базовым ресурсом для всех молекулярно-генетических исследований рода *Populus*.

В 2016 нами была создана гибридная популяция полных сибсов от скрещивания двух родительских генотипов осины, различающихся по фенологическим и морфологическим признакам. Контролируемое скрещивание проводилось «на срезанных ветках», получено более 3 тыс. жизнеспособных семян. Семена высевали в пластиковые кассеты, заполненные торфяным субстратом, и помещались в теплицу на доращивание. С целью выявления стрессо-устойчивых генотипов контейнеризированные сеянцы осины высаживались в регионах, различающихся по характеристикам среднемесячных температур и количества осадков.

Родительские деревья и потомство F<sub>1</sub> от их скрещивания было генотипировано с использованием технологий высокопроизводительного секвенирования ДНК (RADSeq), что позволило выявить ~16 тысяч однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). Из этого числа маркеров 2 217 SNP были использованы для построения генетических карт материнского и отцовского генотипов. Для двух родительских карт было выявлено 19 групп сцепления, общая длина карты для материнского дерева составила 3 359,8 сМ

со средним расстоянием 3,21 см между соседними маркерами, и 3 369,18 см для отцовского дерева со средним интервалом 3,09 см. Полученные генетические карты были использованы для картирования генетических локусов (QTL), влияющих на изменчивость фенологических признаков и признаков, связанных со скоростью роста в изучаемой гибридной популяции.

Впервые созданная для *P. tremula* генетическая карта высокого разрешения, а также информация о 16 тысячах SNP-маркерах могут быть использованы в качестве научно-исследовательского ресурса для изучения генетического контроля ценных лесоводственных признаков и маркер-вспомогательной селекции осины обыкновенной.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта MaRussia Министерством продовольствия и сельского хозяйства Германии в 2015-2017 годах.*

## **IDENTIFICATION OF SNPs AND HIGH-RESOLUTION MAPPING IN ASPEN (*POPULUS TREMULA* L.) USING NEXT GENERATION SEQUENCING (NGS)**

Zhigunov A.V.<sup>1</sup>, Ulianich P.S.<sup>1,2</sup>, Lebedeva M.V.<sup>1,2</sup>, Potokina E.K.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia, [a.zhigunov@bk.ru](mailto:a.zhigunov@bk.ru)

<sup>2</sup>Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St.Petersburg, Russia, [e.potokina@vir.nw.ru](mailto:e.potokina@vir.nw.ru)

<sup>3</sup>Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

*Populus* species are fast-growing trees that are valued all over the world for their rapid growth and quality of wood. In Russia, the most frost-resistant and highly productive species of the *Populus* genus is aspen (*Populus tremula* L.). The main drawback of aspen is mass damage from heart rot caused by fungi *Phellinus tremulae* Bond. (Bond. et Boriss.). It has been reported that clones of aspen with the highest growth rates (including natural triploids) are less susceptible to this pathogen. Therefore, the priority tasks of aspen breeding in Russia are to select clones with high growth rates, resistance to heart rot, and high winter hardiness.

Knowledge of the genetic mechanisms that form the adaptability and productivity traits in aspen will make it possible to effectively propagate the most valuable commercial clones in the future. Selection of woody plants is a long-term process, where in the genomic analysis tools can have obvious advantages. The decoded *P. trichocarpa* gene, published in 2006, serves as a basic resource for all molecular genetic studies of the *Populus* genus.

In 2016 we created a hybrid population of full sibs from the crossing of two parental genotypes of aspen, different in their phenological and morphological features. The controlled crossing was carried out on cut twigs of aspen; more than 3 thousand viable seeds were obtained. The seeds were sown into plastic containers with peat substrate and placed in a greenhouse for growth. In order to identify stress-resistant genotypes, the seedlings of aspen were planted in regions with different average monthly temperatures and precipitation.



Parent trees and F<sub>1</sub> progeny from their crossing were genotyped using RADSeq – a high-efficient DNA sequencing technology, which made it possible to identify about 16 000 single nucleotide polymorphisms (SNPs). 2 217 of those SNPs were used to construct genetic maps of the maternal and paternal genotypes. For the two parent maps, 19 linkage groups were identified. The total length of the maternal linkage map was 3 359.8 cM with an average distance of 3.21 cM between adjacent markers, while the total length of the paternal map was 3 369.18 cM and the average distance was 3.09 cM. The linkage maps were employed for QTL mapping of phenological and growth-related traits associated with the growth rate in the hybrid population under study.

The first-ever high-resolution genetic map of *P. tremula*, as well as information on 16 000 SNPs can be used as a research resource for studying genetic control of valuable agronomical features and marker-auxiliary selection of aspen.

*The research within the MaRussiA project was supported by the Ministry of Food and Agriculture of Germany during 2015-2017.*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Алиев Э.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГАРЕЙ УСМАНСКОГО БОРА.....	5
<b>Aliyev E.V.</b> FEATURES RESTORE BURNT AREAS OF THE USMANSKY PINE FOREST.....	6
<b>Арпентьева М.Р.</b> ЗАПОВЕДНОЕ ДЕЛО И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА.....	7
<b>Arpentieva M.R.</b> NATURE CONSERVATION AND PROBLEMS OF MODERN ECOLOGICAL TOURISM...	8
<b>Баранов О.Ю.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, АССОЦИИРОВАННЫХ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ИНФЕКЦИОННОМУ ПОЛЕГАНИЮ СЕЯНЦЕВ .....	10
<b>Baranov O.Yu.</b> IDENTIFICATION OF SCOTCH PINE DNA MARKERS ASSOCIATED WITH RESISTANCE TO INFECTIOUS LODGING OF SEEDLINGS .....	11
<b>Баранов О.Ю., Константинов А.В.</b> ТКАНЕВАЯ СЕЛЕКЦИЯ КАК МОДЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ЛОКУСОВ АССОЦИИРОВАННЫХ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ (НА ПРИМЕРЕ ВИДОВ РОДА БЕРЕЗА).....	12
<b>Baranov O.Yu., Konstantinov A.V.</b> <i>IN VITRO</i> TECHNIQUES IN PLANT BREEDING AS A MODEL DETECTION SYSTEM OF LOCUS ASSOCIATED WITH BIOLOGICAL SUSTAINABILITY (ON THE EXAMPLE OF BIRCH SPECIES) .....	14
<b>Барченков А.П.</b> ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ( <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEB.).....	15
<b>Barchenkov A.P.</b> VARIABILITY OF THE SIBERIAN LARCH ( <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEB.) SEED SCALES .....	16
<b>Благодарова Т.А.</b> ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ И ПЛСУ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ РАВНИНЫ.....	17
<b>Vlagodarova T.A.</b> INVENTORY OF PLUS TREES AND PLOT OF PEDUNCULATE OAK IN THE CENTRAL FOREST-STEPPE OF THE CENTRAL RUSSIAN PLAIN .....	18
<b>Болондинский В.К.</b> ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА CO <sub>2</sub> -ГАЗООБМЕН И РОСТ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ .....	19
<b>Bolondinskii V.</b> INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON CO <sub>2</sub> GAS EXCHANGE AND GROWTH OF KARELIAN BIRCH AND SILVER BIRCH .....	21
<b>Бондаренко А.С., Жигунов А.В.</b> ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА ЭЛИТНОЕ СЕМЕНОВОДСТВО ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В РОССИИ .....	22
<b>Bondarenko A.S., Zhigunov A.V.</b> ELITE FOREST TREE SEED PRODUCTION IN RUSSIA: PROBLEMS OF DEVELOPMENT .....	23
<b>Брынцев В.А.</b> ВОПРОСЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ПЯТИХВОЙНЫХ СОСЕН.....	24

<b>Bryntsev V.A.</b> QUESTIONS OF ACCLIMATIZATION IN THE INTRODUCTION OF FIVE-CONIFEROUS PINES .....	25
<b>Ciriello E., De Aguiar A.V., Mori E.S.</b> GENETIC VARIABILITY OF ROOTING TRAITS OF PROGENIES AND CLONES OF GUANANDI ( <i>CALOPHYLLUM BRASILIENSE</i> CAMBESS.).....	26
<b>Васильева Г.В., Горошкевич С.Н.</b> ЕСТЕСТВЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ <i>PINUS SIBIRICA</i> И <i>P. PUMILA</i> : СОВРЕМЕННЫЙ ПРОЦЕСС И/ИЛИ ДРЕВНЯЯ ИНТРОГРЕССИЯ .....	27
<b>Vasilyeva G.V., Goroshkevich S.N.</b> NATURAL HYBRIDIZATION OF <i>PINUS SIBIRICA</i> AND <i>PINUS PUMILA</i> : CONTEMPORARY PROCESS AND/OR ANCIENT INTROGRESSION.....	29
<b>Велисевич С.Н., Жук Е.А., Васильева Г.В., Бендер О.Г., Кабилов М.Р., Тупикин А.Е., Горошкевич С.Н.</b> ПРИРОДА ОНТОГЕНЕЗА У ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ: СООТНОШЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ).....	30
<b>Velisevich S.N., Zhuk E.A., Vasilyeva G.V., Bender O.G., Kabilov M.R., Tupikin A.E., Goroshkevich S.N.</b> THE NATURE OF FOREST WOODY PLANT ONTOGENESIS: CORRELATION OF PHYSIOLOGICAL AND EPIGENETIC FACTORS (FOR EXAMPLE, SIBERIAN STONE PINE) .....	31
<b>Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.</b> ДИНАМИКА ГЕНОФОНДОВ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ .....	33
<b>Vetchinnikova L.V., Titov A.F.</b> DYNAMICS OF KARELIAN BIRCH GENE POOLS IN A CHANGING NATURAL ENVIRONMENT AND CLIMATE AND UNDER HUMAN IMPACT .....	34
<b>Волкова Ю.А., Павлов Д.В., Нечаев А.А., Грек В.С.</b> ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ <i>PINUS SIBIRICA</i> НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ.....	35
<b>Volkova J.A., Pavlov D.V., Nechaev A.A., Grek V.S.</b> EXPERIENCE OF INTRODUCTION OF <i>PINUS SIBIRICA</i> IN THE FAR EAST OF RUSSIA .....	36
<b>Высоцкая Н.Ю., Торосова Л.А.</b> КОЛЛЕКЦИЯ ВИДОВ И СОРТОВ ИВ И ТОПОЛЕЙ В УКРАИНСКОМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ ИМ. Г.Н. ВЫСОЦКОГО.....	38
<b>Vysotska N.Yu., Torosova L.O.</b> COLLECTION OF SPECIES AND VARIETIES OF WILLOWS AND POPLARS IN THE UKRAINIAN RESEARCH INSTITUTE OF FORESTRY AND FOREST MELIORATION NAMED AFTER G.M. VYSOTSKY .....	39
<b>Горошкевич С.Н., Крутовский К.В.</b> КОГДА ВОЛКИ СЫТЫ И ОВЦЫ ЦЕЛЫ: КАК ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЕСПЕЧИТ СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И УСТОЙЧИВЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ .....	40
<b>Goroshkevich S.N., Krutovsky K.V.</b> WHEN BOTH THE WOLVES HAVE EATEN MUCH AND THE SHEEP HAVE NOT BEEN TOUCHED: HOW FUNDAMENTAL SEPARATION OF FORESTS INTO NATURAL AND ARTIFICIAL WILL ENSURE THE CONSERVATION OF NATURAL ECOSYSTEMS AND SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH.....	42

<b>Евдокимов И.В., Андропова М.М.</b> К ВОПРОСУ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА ЛИСТВЕННИЦЫ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	44
<b>Evdokimov I.V., Andronova M.M.</b> TO THE QUESTION OF THE LARCH GENE RESOURCES PRESERVATION IN VOLOGDA REGION.....	45
<b>Жук Е.А., Горошкевич С.Н.</b> ВНУТРИВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПО ВЕГЕТАТИВНЫМ И РЕПРОДУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ У БОРЕАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ <i>PINUS SIBIRICA</i> ).....	47
<b>Zhuk E.A., Goroshkevich S.N.</b> INTRASPECIES VARIATION IN GROWTH AND REPRODUCTIVE TRAITS IN BOREAL FOREST TREE SPECIES (THE CASE OF <i>PINUS SIBIRICA</i> ).....	48
<b>Залесов С.В., Залесова Е.С., Третьяков В.М.</b> ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) В ПОДЗОНЕ ЗАУРАЛЬСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	49
<b>Звягинцев В.Б., Пантелеев С.В., Константинов А.В., Ярук А.В., Кудряшова О.А., Ширко С.И.</b> РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ, ЗАЩИТЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ЯСЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО В БЕЛАРУСИ.....	50
<b>Zvyagintsev V.B., Panteleev S.V., Konstantinov A.V., Yaruk A.V., Kudryashova O.A., Shirko S.I.</b> DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED PROGRAM OF INCREASING THE SUSTAINABILITY, PROTECTION AND RESTORATION OF ASHSTANDS IN BELARUS.....	52
<b>Зеленский В.В., Каган Д.И., Клименков Е.П.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПОЙМЕННЫХ ДУБРАВ БЕЛАРУСИ.....	53
<b>Земляной А.И.</b> О ГЕНОФОНДЕ КЕДРА СИБИРСКОГО ( <i>PINUS SIBIRICA DU TOUR</i> ).....	54
<b>Zemlyanoy A.I.</b> ABOUT THE GENOCIDE OF THE SIBIRIC CEDAR ( <i>PINUS SIBIRICA DU TOUR</i> ).....	56
<b>Иванова Н.С., Золотова Е.С.</b> ВЛИЯНИЕ СПЛОШНЫХ РУБОК НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГОРАХ УРАЛА.....	57
<b>Ivanova N.S., Zolotova E.S.</b> IMPACT OF TIMBER HARVESTING ON THE BIODIVERSITY OF FOREST ECOSYSTEMS IN URAL MOUNTAINS.....	58
<b>Изверская Т.Д., Гендов В.С.</b> РЕЛИКТОВЫЕ РАСТЕНИЯ ЛЕСНЫХ БИОТОПОВ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА.....	59
<b>Ильинов А.А., Раевский Б.В.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛЮСОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ И КЛОНОВОЙ ЛЕСОСЕМЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. В КАРЕЛИИ.....	61
<b>Пупов А.А., Raevsky B.V.</b> COMPARATIVE STUDY OF GENETIC DIVERSITY IN <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. PLUS STANDS AND GRAFTED SEED ORCHARD IN KARELIA.....	62
<b>Ильичев Ю.Н.</b> СОХРАНЕНИЕ ЦЕННОГО ГЕНОФОНДА ПРИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ ВЫРУБОК НА ГАРЯХ ПРИОБСКИХ БОРОВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ.....	63

<b>Pyichev Yu.N.</b> SAVING OF A VALUABLE GENE POOL IN REFORESTATION IN SLASH-FIREFELLED AREAS OF THE PRIOB PINEWOODS: OPPORTUNITIES AND PROBLEMS .....	64
<b>Ирошников А.И., Кострикин В.А.</b> ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ.....	65
<b>Iroshnikov A.I., Kostrikin V.A.</b> THE BASIC PRINCIPLES OF SELECTION AND CONSERVATION OF GENE RESERVE FORESTS .....	66
<b>Исаков И.Ю., Трегубов О.В.</b> СЕЛЕКЦИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА F <sub>2</sub> .....	68
<b>Isakov I.Y., Tregubov O.V.</b> SELECTION OF LOCAL TYPES OF BIRCH FOR DROUGH-RESISTANCE BY THE RESULTS OF THE RESEARCH OF SEEDEN F <sub>2</sub> .....	69
<b>Исаков Ю.Н., Мурая Л.С., Исаков И.Ю.</b> ВНУТРИВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ: ГЕНЕТИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭКОТИПОВ .....	69
<b>Isakov Yu.N., Muraya L.S., Isakov I.Yu.</b> INTRASPECIFIC DIFFERENTIATION OF SCOTS PINE: GENETIC AND ECOLOGICAL-GENETIC DIVERSITY OF ECOTYPES.....	71
<b>Камалов Р.М.</b> ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОТЫ СТВОЛА У <i>PINUS SYLVESTRIS</i> .....	72
<b>Kamalov R.M.</b> AGE TRENDS IN GENETIC PARAMETERS OF HEIGHT GROWTH OF STEM IN <i>PINUS SYLVESTRIS</i> .....	73
<b>Камалова И.И., Ивановская С.И., Беспаленко О.Н., Клушевская Е.С.</b> ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЦЧР РФ ПО ИЗОФЕРМЕНТНЫМ МАРКЁРАМ.....	74
<b>Kamalova I.I., Ivanovskaya S.I., Bepalenko O.N., Klushevskaya E.S.</b> GENETIC VARIABILITY OF SCOTS PINE IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION ON ISOZYME MARKERS .....	75
<b>Климов А.В., Прошкин Б.В.</b> СПОНТАННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ <i>POPULUS NIGRA</i> L. И <i>P. X SIBIRICA</i> G. KRYLOV EX SKVORTSOV В ГОРОДЕ НОВОКУЗНЕЦКЕ.....	76
<b>Klimov A.V., Proshkin B.V.</b> SPONTANEOUS HYBRIDIZATION OF <i>POPULUS NIGRA</i> L. AND <i>P. X SIBIRICA</i> G. KRYLOV EX SKVORTSOV IN THE CITY OF NOVOKUZNETSK.....	77
<b>Ковалевич А.И., Кончиц А.П., Фомин Е.А.</b> ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ БИОМЕТРИИ .....	78
<b>Kovalevich A.I., Konchits A.P., Fomin E.A.</b> ESTIMATION OF PHENOTYPIC CHARACTERS OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> BASED ON COMPUTER BIOMETRY .....	79
<b>Ковалевич А.И., Кончиц А.П., Фомин Е.А.</b> СВЯЗЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С УРОВНЕМ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.....	80
<b>Kovalevich A.I., Konchits A.P., Fomin E.A.</b> THE CORRELATION OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS WITH RESIN PRODUCTIVITY OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> .....	81

<b>Кодун-Иванова М.А., Волович П.И.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ПЛАНТАЦИОННЫХ КУЛЬТУР ОСИНЫ В БЕЛАРУСИ.....	82
<b>Kodun-Ivanova M.A., Volovich P.I.</b> PROSPECTS AND PROBLEMS OF CREATION OF THE ASPEN PLANTATION CULTURES IN BELARUS .....	83
<b>Кондратьева А.М., Ржевский С.Г., Федулова Т.П.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГИБРИДОВ БЕРЕЗЫ НА ОСНОВЕ МИКРОСАТЕЛЛИТНОЙ ДНК.....	84
<b>Kondatyeva A.M., Rzhovsky S.G., Fedulova T.P.</b> GENETIC POLYMORPHISM OF BIRCH HYBRIDS ON THE BASIS OF MICROSATELLITE DNA .....	85
<b>Константинов А.В.</b> ИЗУЧЕНИЕ МАРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ МИКРОПОБЕГОВ БЕРЕЗЫ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ИЗ НЕДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ.....	86
<b>Konstantinov A.V.</b> STUDY OF MARFOFIZIOLOGICAL DEVIATIONS OF BIRCH MICROPLANTS AFTER REGENERATION FROM NON-DIFFERENTIATED TISSUES.....	88
<b>Копытков В.В., Киреева Ю.А., Боровков А.В., Таирбергенов Ю.А.</b> МОРФОЛОГО-БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕМЯН ЛЕСНЫХ ПОРОД.....	89
<b>Kopytkov V.V., Kireeva Yu.A., Borovkov A.V., Tairbergenov Yu.A.</b> MORPHO-BIOMETRICAL ASSESSMENT OF SEEDS OF FOREST BREEDS .....	91
<b>Крутовский К.В.</b> ПОЛНОГЕНОМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХВОЙНЫХ ВИДОВ .....	92
<b>Krutovsky K.V.</b> WHOLE CONIFER GENOME STUDIES .....	93
<b>Крюкова С.А.</b> ПЛЮСОВЫЕ ДЕРЕВЬЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ .....	94
<b>Kryukova S.A.</b> COMMON OAK PLUS TREES IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION .....	95
<b>Кузнецова Г.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ, ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ И ВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ У КЛОНОВ КЕДРОВЫХ СОСЕН В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ .....	97
<b>Kuznetsova G.V.</b> THE CHARACTER OF INDIVIDUAL, GEOGRAPHICAL AND SPECIES VARIABILITY OF CLONES OF <i>CEMBRAE</i> GROUP PINES IN KRASNOYARSK FOREST-STEPPE.....	98
<b>Кузнецова Н.Е., Томилов Ю.В.</b> НОВЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА .....	99
<b>Kuznetsova N.E., Tomilov U.V.</b> NEW OFFERS ON FORESTRY .....	100
<b>Кузьмин С.Р.</b> ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ХВОЕ У КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С РАЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ПАТОГЕНАМ.....	101
<b>Kuzmin S.R.</b> VARIABILITY OF VOLATILES IN THE NEEDLES OF SCOTS PINE CLIMATYPES WITH DIFFERENT RESISTANCE TO PATHOGENES .....	102
<b>Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р.</b> ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В СРЕДНЕЙ СИБИРИ .....	103

<b>Kuzmina N.A., Kuzmin S.R.</b> SELECTION OF PERSPECTIVE SCOTS PINE CLIMATYPES IN THE PROVENANCE TRIAL IN CENTRAL SIBERIA .....	105
<b>Kurt Y., Cengel B., Isik K.</b> FOREST BIODIVERSITY AND ITS CONSERVATION STRATEGIES IN TURKEY .....	106
<b>Ларионова Т.И., Шуваев Д.Н., Кальченко Л.И.</b> ДНК-ДИАГНОСТИКА ФИТОПАТОГЕНОВ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	107
<b>Larionova T.I., Shuvaev D.N., Kalchenko L.I.</b> DNA-IDENTIFICATION OF PHYTOPATHOGENS IN FOREST NURSERY OF NOVOSIBIRSK REGION .....	108
<b>Лебедев В.Г., Шестибратов К.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЕКЦИИ ОСИНЫ И БЕРЕЗЫ .....	109
<b>Lebedev V.G., Shestibratov K.A.</b> APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY METHODS TO BREEDING OF ASPEN AND BIRCH .....	110
<b>Левин С.В., Пашенко В.И.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ ВИДА СОСНЫ КЕДРОВОЙ КОРЕЙСКОЙ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ МАЛОЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	111
<b>Levin S.V., Paschenko V.I.</b> PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF PINE IN KOREAN FORESTS IN THE PROTECTIVE FORESTS OF THE LOW FOREST ZONE OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA .....	113
<b>Левковская М.В.</b> ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ НА ОБЪЕКТАХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАК КОМПОНЕНТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.....	114
<b>Levkovskaya M.V.</b> PROBLEM OF PRESERVING SPECIES DIVERSITY ON THE FOREST RESEARCH PLOTS AS A COMPONENT OF GENETIC RESOURCES.....	115
<b>Лось С.А., Нейко И.С., Смашнюк Л.В.</b> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА ОБЫКНОВЕННОГО НА ОСНОВАНИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ИХ ПОТОМСТВ.....	117
<b>Los S.A., Neyko I.S., Smachnuk L.V.</b> COMPLEX EVALUATION OF ENGLISH OAK PLUS-TREE BY THEIR PROGENIES GROWTH AND DEVELOPMENT .....	118
<b>Луферов А.О., Ковалишин В.Р.</b> ПРОБЛЕМА УСЫХАНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО И УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ .....	119
<b>Lufarov A.O., Kovalyshyn V.R.</b> THE PROBLEM OF PINUS SYLVESTRIS DIEBACK ON THE TERRITORY OF THE BELARUSIAN AND UKRAINIAN POLESYE .....	121
<b>Макаров В.П.</b> ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ И ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ.....	122
<b>Makarov V.P.</b> GEOGRAPHIC VARIATION OF THE CHARACTERISTICS OF GENERATIVE AND VEGETATIVE ORGANS OF LARIX IN EASTERN TRANSBAIKALIA .....	123
<b>Макеева Е.Н., Гузенко Е.В.</b> НАГОЙСКИЙ ПРОТОКОЛ К КОНВЕНЦИИ О БИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ: ОБЯЗАТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПО ЕГО СОБЛЮДЕНИЮ.....	124

<b>Makeyeva E.N., Guzenko E.V.</b> NAGOYA PROTOCOL TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY: OBLIGATIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND INTERNATIONAL EXPERIENCE IN ITS COMPLIANCE .....	126
<b>Маркевич Т.С., Каган Д.И., Падутов В.Е., Парфенов В.И.</b> ГЕНОГЕОГРАФИЯ <i>PICEA ABIES</i> (L.) KARST. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ .....	127
<b>Матвеева Р.Н., Братилова Н.П., Щерба Ю.Е.</b> СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПУТЁМ СОЗДАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ .....	129
<b>Matveeva R.N., Bratilova N.P., Shcherba Iu.E.</b> CONSERVATION OF GENETIC RESOURCES OF <i>PINUS SIBIRICA</i> DU TOUR BY CREATING SELECTION OBJECTS .....	130
<b>Маховик И.В.</b> К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИМОРФИЗМА ХОЗЯЙСТВЕННО ЗНАЧИМЫХ ВИДОВ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА <i>ERICACEAE</i> .....	131
<b>Makhavik I.V.</b> TO THE TECHNIQUE OF STUDYING OF POLYMORPHISM OF ECONOMICALLY SIGNIFICANT SPECIES OF BERRY PLANTS OF THE <i>ERICACEAE</i> FAMILY .....	133
<b>Машкина О.С., Табацкая Т.М.</b> ОПЫТ 25-ЛЕТНЕГО ХРАНЕНИЯ <i>IN VITRO</i> КОЛЛЕКЦИИ ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ .....	134
<b>Mashkina O. S., Tabatskaya T.M.</b> 25 YEARS' EXPERIENCE OF <i>IN VITRO</i> STORAGE OF VALUABLE KARELIAN BIRCH GENOTYPES COLLECTION .....	135
<b>Милютин Л.И.</b> СТАНОВЛЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ .....	136
<b>Milyutin L.I.</b> THE FORMATION OF NATIONAL FOREST GENETICS AND BREEDING .....	137
<b>Минлебаев Г.В.</b> ПРОБЕЛЫ СО ВРЕМЁН СССР В СОХРАНЕНИИ, ВОСПРОИЗВОДСТВЕ И РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (ЛГР) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЫ .....	138
<b>Митроченко В.В.</b> НАРУШЕНИЯ В МЕЙОЗЕ МИКРОСПОРОГЕНЕЗА У ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ УКРАИНЫ .....	139
<b>Можаровская Л.В., Падутов В.Е., Каган Д.И., Баранов О.Ю., Пантелеев С.В.</b> СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ХЛОРОПЛАСТНОГО ГЕНОМА <i>FRAXINUS EXCELSIOR</i> (OLEACEAE) .....	141
<b>Mozharovskaya L.V., Padutov V.E., Kagan D.I., Baranov O.Y., Panteleev S.V.</b> THE COMPLETE CHLOROPLAST GENOME SEQUENCE OF <i>FRAXINUS EXCELSIOR</i> (OLEACEAE): STRUCTURAL ANALYSIS, GENE CONTENT AND MICROSATELLITE DETECTION .....	142
<b>Мудрик Е.А., Полякова Т.А., Белоконь М.М., Белоконь Ю.С., Шатохина А.В., Политов Д.В.</b> ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КОМПЛЕКСА <i>PICEA ABIES</i> – <i>P. OBOVATA</i> ПО ДАННЫМ ЛОКУСА <i>NAD1</i> мтДНК .....	143
<b>Mudrik E.A., Poliakova T.A., Belokon M.M., Belokon Yu.S., Shatokhina A.V., Politov D.V.</b> GENETIC DIFFERENTIATION OF <i>PICEA ABIES</i> – <i>P. OBOVATA</i> COMPLEX ASSESSED BY mtDNA <i>NAD1</i> LOCUS DATA .....	144



<b>Мялік А.М.</b> ПРАБЛЕМА ЗАХАВАННЯ АБАРЫГЕННАЙ РАЗНАСТАЙНАСЦІ САСУДЗІСТЫХ РАСЛІН У ЦЭНТРАЛЬНАЙ ЧАСТЦЫ БЕЛАРУСКАГА ПАЛЕССЯ .....	146
<b>Mialik A.</b> THE PROBLEM OF MAINTAINING INDIGENOUS DIVERSITY OF VASCULAR PLANTS IN THE CENTRAL PART OF THE BIELARUSKAJE PALIESSIE.....	147
<b>Наквасіна Е.Н., Прожеріна Н.А., Деміна Н.А.</b> ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ЕЛИ СИБИРСКОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ.....	148
<b>Nakvasina E.N., Prozherina N.A., Demina N.A.</b> EVALUATION OF THE PHENOTYPIC PLASTICITY OF SIBERIAN AND NORWAY SPRUCE IN THE PROVENANCE TESTS IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA.....	150
<b>Ніконовіч Т.В., Цвірко В.І.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ РЕДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ.....	151
<b>Nikonovich T.V., Tsvirko V.I.</b> SPECIAL ASPECTS OF USING BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR CONSERVATION OF RARE MEDICAL PLANTS OF FLORA OF BELARUS .....	152
<b>Новікова Т.Н.</b> ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ЛЕСОСТЕПНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ К ПРИРОДНЫМ УСЛОВИЯМ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ.....	153
<b>Novikova T.N.</b> ADAPTATION OF FOREST-STEPPE SCOTS PINE CLIMATYPES TO THE CONDITIONS OF THE SOUTH MIDDLE SIBERIA .....	154
<b>Обуховская Л.В., Куделина Т.Н., Молчан О.В.</b> ВЛИЯНИЕ СВЕТА РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ РЕГЕНЕРАНТОВ РАСТЕНИЙ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ <i>EX VITRO</i> .....	156
<b>Obukhovskaya L.V., Kudelina T.N., Molchan O.V.</b> INFLUENCE OF THE LIGHT OF DIFFERENT SPECTRAL COMPOSITION ON THE ADAPTIVE POTENTIAL OF MICROCLONALLY PROPAGATED REGENERANTS OF TREE SPECIES UNDER <i>EX VITRO</i> CONDITIONS .....	157
<b>Овчинникова Н.Ф.</b> ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И «ИЗБЫТОЧНАЯ» ПЛОТНОСТЬ – АДАПТАЦИЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ РАСТЕНИЙ.....	158
<b>Ovchinnikova N.F.</b> INTERSPECIFIC VARIABILITY AND SURPLUS DENSITY – FOREST-FORMING PLANTS ADAPTATION .....	159
<b>Оплеаев А.С., Кожевников А.П., Залесов С.В., Дамари Р.Г., Прядилина Н.К.</b> ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ ФОРМЫ ЕЛИ СИБИРСКОЙ <i>FASTIGIATA URALICA</i> ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО СЕЛЕКЦИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ .....	161
<b>Opletaev A.S., Kozhevnikov A.P., Zalesov S.V., Damari R.G., Priadilina N.K.</b> THE PROSPECTS OF BREEDING ORNAMENTAL SPRUCE <i>FASTIGIATA URALICA</i> WHEN WORKING ON THE SELECTION OF QUALITATIVE TRAITS .....	162
<b>Падутов В.Е., Кулагин Д.В., Константинов А.В., Емельянова О.В., Crişan V.E., Tudose N.C., Dincă L.C.</b> ЛЕСНЫЕ ПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И ФОРМ РОДА ТОПОЛЬ, СОЗДАННЫЕ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫМ ПОСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ.....	163
<b>Padutov V.E., Kulagin D.V., Konstantinov A.V., Emelyanova O.V., Crişan V.E., Tudose N.C., Dincă L.C.</b> FOREST PLANTATIONS OF VARIOUS FORMS AND SPECIES OF <i>POPULUS</i> GENUS CREATED BY CLOTHALLY PROPAGATED PLANTING MATERIAL.....	164

<b>Пак Л.Н., Желибо Т.В., Банщикова Е.А.</b> РЕЗУЛЬТАТ ВЫРАЩИВАНИЯ ВИДОВ И КЛИМАТИПОВ ЛИСТВЕННОСТИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ .....	165
<b>Пак М.Э., Горячкина О.В.</b> СОМАКЛОНАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОМАТИЧЕСКИХ ЗАРОДЫШЕЙ <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEB. ПО УРОВНЮ ПЛОИДНОСТИ .....	166
<b>Park M.E., Goryachkina O.V.</b> SOMACLONAL VARIABILITY IN THE NUMBER OF CHROMOSOMES OF SOMATIC EMBRYO OF <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEB. ....	168
<b>Петрова И.В., Санников С.Н., Черепанова О.Е.</b> ГЕНОГЕОГРАФИЯ, ГЕНОТАКСОНОМИЯ И ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЕ РЕФУГИУМЫ ВИДА <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. ....	169
<b>Petrova I.V., Sannikov S.N., Cherepanova O.E.</b> GENOGEOGRAPHY, GENOTAXONOMY AND PLEISTOCENE REFUGIUM OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. POPULATION .....	170
<b>Petrova G., Petrov S.</b> FROM GENETIC DIVERSITY TO CONSERVATION OF BIODIVERSITY .....	172
<b>Пирко Н.Н., Калафат Л.А., Демкович А.Е., Привалихин С.Н., Рабоконе А.Н., Коваль О.П., Пирко Я.В., Маркевич Т.С., Блюм Я.Б.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВИДОВ ПОРЯДКА <i>FAGALES</i> С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА ИНТРОНОВ ГЕНОВ $\beta$ -ТУБУЛИНА .....	172
<b>Pirko N.N., Kalafat L.O., Demkovych A.Ye., Privalikhin S.N., Rabokon A.N., Koval O.P., Pirko Ya.V., Markevich T.S., Blume Ya.B.</b> INVESTIGATION OF GENETIC VARIABILITY OF FAGALES ORDER BY ANALYSIS OF INTRONS POLYMORPHISM OF $\beta$ -TUBULIN GENES .....	174
<b>Полигов Д.В.</b> СЕЛЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ МИКРОЭВОЛЮЦИИ И АДАПТАЦИИ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ: ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ .....	175
<b>Politov D.V.</b> SELECTIVE FACTORS OF MICROEVOLUTION AND ADAPTATION IN CONIFERS: REVEALING NATURAL SELECTION AT THE MOLECULAR LEVEL .....	176
<b>Полякова Т.А., Игнатова М.И.</b> МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РФ: ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ .....	177
<b>Poliakova T.A., Ignatova M.I.</b> MONITORING OF FOREST GENETIC RESOURCES IN RUSSIA: ORGANIZATION AND PROSPECTS FOR THE FUTURE .....	179
<b>Придача В.Б., Сазонова Т.А., Новичонок Е.В.</b> ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	180
<b>Pridacha V.B., Sazonova T.A., Novichonok E.V.</b> EFFECTS OF ABIOTIC FACTORS ON EXCHANGE PROCESSES OF WOODY PLANTS IN EUROPEAN RUSSIA .....	181
<b>Пришневская Я.В., Боронникова С.В., Насонова Е.С.</b> МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШЕСТИ ПОПУЛЯЦИЙ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. НА РУССКОЙ РАВНИНЕ .....	182
<b>Prishnivskaya Ya.V., Boronnikova S.V., Nasonova E.S.</b> MOLECULAR-GENETIC ANALYSIS OF SIX POPULATIONS OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. IN THE RUSSIAN PLAIN .....	184

<b>Прошкин Б.В., Климов А.В.</b> ГИБРИДНЫЙ ВИД <i>POPULUS X JRITYSCHENSIS</i> CH.Y. YANG. В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТОМИ .....	185
<b>Proshkin B.V., Klimov A.V.</b> HYBRID <i>POPULUS X JRITYSCHENSIS</i> CH.Y. YANG. IN BASIN THE RIVER TOM .....	186
<b>Раевский Б.В.</b> СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ В КАРЕЛИИ .....	187
<b>Raevskii B.V.</b> BREEDING AND GENETIC ASSESSMENT PROCEDURE FOR SCOTS PINE CLONES GROWN AT SEED ORCHARDS IN RUSSIAN KARELIA .....	188
<b>Поплавская Л.Ф., Ребко С.В., Тупик П.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОДБОРА РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ПРИ СЕЛЕКЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ .....	189
<b>Poplavskaya L.F., Rebko S.V., Tupik P.V.</b> THE USE OF ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL METHOD OF SELECTION OF PARENTAL PAIRS IN BREEDING OF SCOTS PINE .....	190
<b>Ромашкин Д.Ю., Ромашкина И.В., Раздайводин А.Н., Радин А.И., Калнин В.В., Крутовский К.В.</b> МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ .....	191
<b>Romashkin D.Yu., Romashkina I.V., Razdayvodin A.N., Radin A.I., Kalnin V.V., Krutovsky K.V.</b> THE MORPHOGENETIC ESTIMATE OF FOREST PLANTATIONS GROWING UNDER RADIOACTIVE CONTAMINATION .....	192
<b>Ruņģis D., Korica A., Gailīte A., Pušpure I., Veinberga I.</b> LATVIAN ASH ( <i>FRAXINUS EXCELSIOR</i> L.) GENETIC DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE ANALYSIS .....	193
<b>Санников С.Н., Егоров Е.В., Афонин А.Н., Чернодубов А.И.</b> ГЕНЕТИКО-ЭКОЛОГО-КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТРОДУКЦИИ И СЕМЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. ....	194
<b>Sannikov S.N., Egorov E.V., Afonin A.N., Chernodubov A.I.</b> GENETIC-ECOLOGIC-CLIMATOLOGICAL PRINCIPLES OF INTRODUCTION AND SEED ZONING OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. POPULATION .....	195
<b>Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. ....	196
<b>Sannikov S.N., Sannikova N.S., Petrova I.V.</b> ECOLOGICAL AND GENETIC PRINCIPLES FOR THE SELECTION AND CLASSIFICATION OF FOREST GENETIC RESERVES OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. ....	197
<b>Сафаров Гаджиага М., Али-зада Валида М., Салимов Рашад А.</b> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ЛЕСОВ ГИРКАНСКОГО ТИПА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ .....	198
<b>Safarov Hajiaga M., Ali-zada Valida M., Salimov Rashad A.</b> IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SOME SPECIES OF HIRKAN TYPE FORESTS OF AZERBAIJAN REPUBLIC .....	200
<b>Семериков В.Л., Семерикова С.А., Крутовский К.В.</b> ФИЛОГЕОГРАФИЯ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ХВОЙНЫХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ПО ДАННЫМ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК .....	201

<b>Semerikov V.L., Semerikova S.A., Krutovsky K.V.</b> PHYLOGEOGRAPHY OF MAIN CONIFERS OF NORTHERN EURASIA ACCORDING TO MITOCHONDRIAL DNA DATA .....	202
<b>Семерикова С.А., Семериков В.Л., Семериков Н.В., Филиппов Е.Г.</b> ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ХЛОРОПЛАСТНОЙ ДНК <i>PINUS BRUTIA</i> НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ АРЕАЛА .....	203
<b>Semerikova S.A., Semerikov V.L., Semerikov N.V., Filippov E.G.</b> VARIATION OF CHLOROPLAST MICROSATELLITE LOCI IN <i>PINUS BRUTIA</i> AT THE NORTHERN LIMIT OF THE RANGE .....	203
<b>Сиволапов А.И., Сиволапов В.А.</b> ПУТИ И МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ.....	204
<b>Sivolapov A.I., Sivolapov V.A.</b> WAYS AND METHODS OF PRESERVATION OF GENE POOLS OF WOOD PLANTS IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF RUSSIA.....	205
<b>Сидор А.И., Ковалевич А.И., Луферова Н.С., Константинов А.В., Фомин Е.А., Мальцева Л.В.</b> МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОХРАНЕНИЯ, УСТОЙЧИВОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ.....	206
<b>Sidor A.I., Kovalevich A.I., Lufanova N.S., Konstantinov A.V., Fomin E.A., Maltseva L.V.</b> ACTIONS FOR ENSURING PRESERVATION, STEADY REPRODUCTION AND USE OF THE CURLY BIRCH .....	208
<b>Сидор А.И., Попкова Л.Л., Ревяко И.Д., Фомин Е.А.</b> СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕННОГО ГЕНОФОНДА ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В АРХИВАХ КЛОНОВ.....	209
<b>Суюндиков Ж.О., Ражанов М.Р., Рахимжанов А.Н., Залесов С.В., Данчева А.В.</b> ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ И ОЗЕЛЕНЕНИЯ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ.....	210
<b>Shrivastava A.K.</b> DIMINISHING PRODUCTION FROM FORESTS:SUSTAINABILITY BEYOND FUNCTIONALITY – A STUDY OF PAST 25 YEARS IN CENTRAL INDIAN STATE MADHYA PRADESH.....	211
<b>Тараканов В.В.</b> ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ: КОМПЛЕКСНОСТЬ И ЭТАПНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ. Памяти Н.В. Глотова, Л.Ф. Семерикова, А.И. Видякина.....	212
<b>Tarakanov V.V.</b> EVALUATION OF GENETIC HETEROGENEITY OF POPULATIONS: INTEGRATED APPROACH AND SEQUENCE OF RESEARCH STAGES. In memory of Nikolay V. Glotov, Leonid F. Semerikov and Anatoly I. Vidyakin.....	214
<b>Thapliyal M., Rawat P., Simalti A.</b> CONSERVING FOREST GENETIC RESOURCES OF ENDANGERED AND THREATENED SPECIES OF INDIAN HIMALAYAN REGION THROUGH SEED BANKING .....	215
<b>Теплых А.А.</b> ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЕЛИ ПОСЛЕ 9 ЛЕТ ХРАНЕНИЯ .....	216
<b>Терлюкх А.А.</b> THE FERTILITY GERMINATION OF SEEDS AFTER 9 YEARS OF STORAGE .....	217
<b>Тихонова Н.А., Тихонова И.В., Анискина А.А., Семенякин Д.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ХВОИ ДЕРЕВЬЕВ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ.....	218

<b>Tikhonova N.A., Tikhonova I.V., Aniskina A.A., Semenyakin D.A.</b> APPLICATION OF METHODS OF THERMOGRAVIMETRY AND DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY IN ESTIMATION OF THE TREES STABILITY TO EXTREME TEMPERATURES .....	219
<b>Ткач В.П., Лось С.А.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ <i>IN SITU</i> В УКРАИНЕ .....	220
<b>Tkach V.P., Los S.A.</b> ACTUAL PROBLEMS OF FOREST GENE RESOURCES CONSERVATION <i>IN SITU</i> IN UKRAINE .....	222
<b>Третьякова И.Н., Пак М.Э., Иваницкая А.С., Шуклина А.С., Садыкова В.С., Рогожин Е.А., Пахомова А.П., Кудоярова Г.Р., Ахиярова Г.Р., Орешкова Н.В., Крутовский К.В.</b> СОМАТИЧЕСКИЙ ЭМБРИОГЕНЕЗ У ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (УРОЖАЙНОСТЬ, ЛОКАЛИЗАЦИЯ ГОРМОНОВ И ГЕНОТИПИРОВАНИЕ) .....	223
<b>Tretyakova I.N., Park M.E., Ivanitskaya A.S., Shuklina A.S., Sadykova V.S., Rogozhin E.A., Pahomova A.P., Kudoyarova G.R., Akhiyarova G.R., Oreshkova N.V., Krutovsky K.V.</b> SOMATIC EMBRYOGENESIS OF SIBERIAN LARCH (YIELD, LOCALIZATION OF HORMONES AND GENOTYPING) .....	224
<b>Феранчук С.И., Шаров В.В., Путинцева Ю.А., Кузьмин Д.А., Орешкова Н.Н., Крутовский К.В.</b> ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АННОТАЦИЯ ГЕНОМА ЛИСТВЕННИЦЫ КАК ПОДХОД К ПРОЯСНЕНИЮ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ВАЖНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ .....	225
<b>Feranchuk S.I., Sharov V.V., Putintseva Y.A., Kuzmin D.A., Oreshkova N.V., Krutovsky K.V.</b> FUNCTIONAL ANNOTATION OF THE LARCH GENOME AS AN APPROACH TO STUDY MECHANISMS OF IMPORTANT GENETIC TRAITS .....	227
<b>Fallahchai M.M.</b> INVESTIGATING AND COMPARISON OF REGENERATION DIVERSITY OF WOODY SPECIES IN NATURAL STANDS AND PLANTATION OF <i>PINUS TAEDA</i> IN NORTHERN FORESTS OF IRAN .....	228
<b>Хотляник Н.В., Зубарев А.В., Спиридович Е.В.</b> ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ ВИДОВОЙ СИРЕНИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ОМОЛОЖЕНИЯ ЦЕННЫХ ТАКСОНОВ РЕФЕРИРУЕМОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ .....	228
<b>Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ОДНОЙ ИЗ КРУПНЕЙШИХ ПРОГРАММ ГИБРИДИЗАЦИИ ТОПОЛЯ В РОССИИ .....	230
<b>Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A.</b> RESULTS OF A PROMINENT RUSSIAN POPLAR HYBRIDIZATION PROGRAM .....	231
<b>Черепанова О.Е., Петрова И.В.</b> ГРАДИЕНТНЫЙ ГЕНО- И АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАРГИНАЛЬНЫХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПУЛЯЦИЙ <i>CALLUNA VULGARIS</i> (L.) HULL НА ТРАНСЕКТЕ МУРМАНСК – АНКАРА .....	232
<b>Cherepanova O.E., Petrova I.V.</b> GRADIENT GENETIC AND MORPHOLOGIC-ANATOMIC ANALYSIS OF MARGINAL AND CENTRAL POPULATIONS OF <i>CALLUNA VULGARIS</i> (L.) HULL ON TRANSECT MURMANSK – ANKARA .....	233
<b>Чернодубов А.И.</b> <i>PINUS SYLVESTRIS</i> В ОСТРОВНЫХ БОРАХ РУССКОЙ РАВНИНЫ .....	234
<b>Chernodubov A.I.</b> <i>PINUS SYLVESTRIS</i> ISLAND FORESTS OF THE RUSSIAN PLAIN .....	236

<b>Чорнобров О.Ю., Горелов А.М., Кругляк Ю.М.</b> БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ <i>IN VITRO</i> ЦЕННЫХ ГИБРИДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА <i>SALIX</i> L.....	237
<b>Chornobrov O.Yu., Gorelov A.M., Kruglyak Yu.M.</b> BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF <i>IN VITRO</i> COLLECTION OF THE VALUABLE HYBRID PLANTS OF THE GENUS <i>SALIX</i> L. CREATION .....	238
<b>Чохели В.А., Усатов А.В., Маркин Н.В., Каган Д.И., Падутов В.Е., Макаренко М.С., Вардун Т.В.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ RAPD-АНАЛИЗА ДЛЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО ( <i>QUERCUS ROBUR</i> L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....	239
<b>Шилкина Е.А., Ибе А.А., Шеллер М.А.</b> ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ <i>PICEA OBOVATA</i> LEDEB. НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ.....	240
<b>Shilkina E.A., Ibe A.A., Sheller M.A.</b> GENETIC DIVERSITY OF <i>PICEA OBOVATA</i> LEDEB. ON THE TERRITORY OF MIDDLE SIBERIA.....	242
<b>Шишкина Анастасия А., Колганихина Г.Б.</b> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУ РСОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ СЕРЕБРЯНОБОРСКОГО ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	243
<b>Shishkina Anastasia A., Kolganikhina G.B.</b> THE CONDITION ASSESSMENT OF THE PROVENANCES OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. IN SEREBRYANOBORSKOE EXPERIMENTAL FORESTRY BY THE RESULTS OF DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES .....	244
<b>Wójkiewicz B., Litkowiec M., Żukowska W.B., Wachowiak W., Lewandowski A.</b> DETECTION OF THE NON-NATIVE HYBRID POPLARS AND GENETIC INTROGRESSION SIGNALS IN THE NATURALLY REGENERATED, POLISH POPULATIONS OF <i>POPULUS NIGRA</i> L. BASED ON THE MOLECULAR ANALYSIS .....	246
<b>Жигунов А.В., Ульянич П.С., Лебедева М.В., Потоккина Е.К.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ SNP-МАРКЕРОВ И ПОСТРОЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КАРТ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ <i>POPULUS TREMULA</i> L. НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ .....	247
<b>Zhigunov A.V., Ulianich P.S., Lebedeva M.V., Potokina E.K.</b> IDENTIFICATION OF SNPs AND HIGH-RESOLUTION MAPPING IN ASPEN ( <i>POPULUS TREMULA</i> L.) USING NEXT GENERATION SEQUENCING (NGS) .....	248
СОДЕРЖАНИЕ.....	250

Научное издание

# **СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**МАТЕРИАЛЫ 5-ой МЕЖДУНАРОДНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ-СОВЕЩАНИЯ  
(02-07 октября 2017 г., Гомель, Беларусь)**

Издатель: Институт леса Национальной академии наук Беларуси  
246001, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71

**Свидетельство  
о государственной регистрации издателя  
№ 1/246 от 27.03.2014 г.**

Отпечатано цифровым способом с оригинал-макета издателя  
в ООО «Колордрук»  
246050, г. Гомель, ул. Пушкина, 11, оф. 3

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 16,3. Тираж 100 экз.